

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Sistema de análisis de criticidad para gestión de
mantenimiento eléctrico en parada mayor de la
Minera Chinalco S.A.**

Ever Rodal Trinidad Hidalgo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jezzy James Huamán Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 19 de Setiembre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Sistema de Análisis de Criticidad para Gestión de Mantenimiento Eléctrico en Parada Mayor de la Minera Chinalco S.A.

Autor:

Ever Rodal Trinidad Hidalgo – Carrera profesional Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☐ | NO ☒ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 15 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Mag. Ing. Jezzy James Huamán Rojas

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la sabiduría y acompañarnos cada día para cumplir esta etapa profesional.

A mis padres, la Sra. Adela Hidalgo Rodríguez y el Sr. Mauro Trinidad Barreto, por ser el motivo de superación y seguir con su apoyo con la misma intensidad por cada decisión que tomamos en nuestra vida profesional.

Al personal de la empresa Mainin, en especial al área de jefaturas de la parte operacional y planificación, por ofrecernos la información requerida para lograr los objetivos trazados en este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, enseñándome el valor del esfuerzo y la superación en el ámbito profesional.

A mi esposa e hijo, por su apoyo constante y motivación en cada paso de este camino, y por ser mi mayor fuente de inspiración para culminar este proyecto

ÍNDICE DE CONTENIDO

Asesor	iv
Agradecimiento.....	v
Dedicatoria	vi
Índice de contenido	vii
Lista de tablas	xi
Lista de figuras.....	xii
Resumen ejecutivo	xiii
Introducción.....	14
Capítulo I	16
Marco teórico	16
1.1. Antecedentes del problema	16
1.2. Bases teóricas	17
1.2.1. Mantenimiento	17
1.2.2. Máquina y equipo	18
1.2.3. Fallas y estados asociados.....	18
1.2.4. Estados de una máquina/equipo	19
1.2.5. Objetivos básicos del mantenimiento	19
1.2.6. Sistemas de mantenimiento.....	20
1.2.7. Mantenimiento correctivo o a la falla o de emergencia CM (Corrective Maintenance).....	21
1.2.8. Mantenimiento productivo total TPM (Total Productive Maintenance).....	22
1.2.9. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance).....	23
1.2.10. Mantenimiento basado en el riesgo RBM (Risk Based Maintenance)	24
1.2.11. Curva «S» en la gestión del mantenimiento	25
1.2.12. Mantenimiento en plantas mineras.....	26
1.2.12.1. Mantenimientos correctivos y de rutina.....	27
1.2.12.2. Mantenimientos preventivos con parada de planta.....	27
1.2.12.3. Bloqueo y etiquetado para desarrollo de mantenimiento.....	29
1.2.13. Planificación	30
1.2.13.1. Concepto	30
1.2.13.2. Procedimientos	30
1.2.13.3. Programas	31
1.2.13.4. Presupuestos.....	31

1.2.14. Ejecución	31
1.2.15. Control.....	32
1.2.15.1. Indicadores de carga de trabajo	33
1.2.15.2. Indicadores de planeación.....	34
1.2.15.3. Indicadores de productividad	34
1.2.15.4. Indicadores de costos.....	35
1.2.16. Motor Eléctrico	35
1.2.16.1. Estator.....	36
1.2.16.2. Rotor.....	36
1.2.17. Pruebas eléctricas en el proceso de mantenimiento preventivo	37
1.2.17.1. Prueba de absorción dieléctrica.....	37
1.2.17.2. Índice de polarización.....	39
1.2.18. Herramientas de ingeniería industrial para analizar problemas	39
1.2.18.1. Diagrama espina de pescado	39
1.2.18.2. Análisis de Pareto	40
1.2.18.3. Gráficas de control	40
1.2.18.4. Mapa de procesos	41
1.3. Definición de términos básicos	42
1.3.1. Criticidad.....	42
1.3.2. Curva S	42
1.3.3. Motor	43
1.3.4. Mantenimiento	43
1.3.5. Mantenimiento preventivo	43
1.3.6. Mantenimiento correctivo	43
1.3.7. Parada de planta.....	43
1.3.8. Unidad minera.....	43
Capítulo II.....	44
Metodología.....	44
2.1. Método y alcance para el desarrollo del Informe de Suficiencia Profesional.	44
2.2. Objetivos generales y específicos.....	44
2.2.1. Objetivo general	44
2.2.2. Objetivos específicos	44
2.3. Diseño del estudio	44
2.4. Población y muestra	45
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
Capítulo III	46

Descripción de la empresa	46
3.1. Datos generales	46
3.2. Actividades principales.....	46
3.3. Reseña histórica	47
3.4. Estructura Organizativa de la Institución o Empresa.....	49
3.4.1. Organigrama.....	49
3.4.2. Tipo de estructura.....	50
3.4.3. Elementos del diseño organizacional que conforman la empresa	50
3.4.4. Perfil y funciones de los puestos de la empresa	50
3.4.4.1. Jefe de Recursos Humanos	50
3.4.4.2. Jefe de SSOMA.....	51
3.4.4.3. Jefe de Mantenimiento.....	53
3.4.4.4. Supervisor de planeamiento	54
3.4.4.5. Supervisor de Mantenimiento	55
3.4.4.6. Técnicos de Mantenimiento en Electricidad T1	57
3.4.4.7. Técnico Mantenimiento Instrumentista	58
3.4.5. Servicios tercerizados	60
3.5. Visión y misión	60
3.5.1. Visión.....	60
3.5.2. Misión.....	60
3.6. Descripción del área donde realiza actividades profesionales e indicadores operativos .	60
3.7. Estructura estratégica.....	61
3.7.1. Valores	61
3.7.2. Análisis FODA.....	62
3.7.3. Matriz EFI.....	63
3.7.4. Matriz EFE.....	64
3.7.5. Modelo CANVAS	64
3.8. Bases legales y documentos administrativos	65
Capítulo IV.....	68
Descripción de las actividades y responsabilidades profesionales del bachiller en la empresa	68
4.1. Objetivos de la actividad profesional	68
4.1.1. Objetivo general	68
4.1.2. Objetivos específicos	68
4.2. Justificación de la actividad profesional.....	68
4.3. Descripción del cargo y actividades profesionales.....	70

4.3.1. Enfoque de las actividades profesionales.....	72
4.3.2. Alcance de las actividades profesionales	74
4.3.3. Entregables de las actividades profesionales.....	75
4.3.4. Diagrama analítico de procesos.....	76
4.4. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	76
4.4.1. Metodologías.....	76
4.4.2. Técnicas	77
4.4.3. Instrumentos.....	77
4.4.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades.....	78
4.5. Ejecución de las actividades profesionales	78
4.5.1. Cronograma de actividades realizadas.....	78
4.5.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	79
4.5.3. Indicadores operativos de las actividades profesionales	79
4.5.4. Indicadores del diagnóstico situacional	81
4.5.5. Diagrama causa-efecto.....	82
4.6. Identificación de oportunidades o necesidades en el área de actividades.....	84
Capítulo V	86
Análisis y diagnóstico en la gestión de mantenimiento en la empresa Mainin	86
5.1. Gestión de mantenimiento	86
5.2. Análisis de criticidad	86
5.2.1. El mantenimiento correctivo de motores en baja tensión	86
5.2.2. El mantenimiento preventivo de motores en baja tensión.....	88
5.3. Sistema de análisis de criticidad aplicado al mantenimiento	90
5.3.1. Definición	90
5.3.2. Diagrama de flujo	91
5.3.3. Procesamiento	93
5.3.4. Reporte.....	95
Capítulo VI.....	98
Resultados	98
6.1. Plan de mejora usando el análisis de criticidad en mantenimiento mayor en la minera Chinalco S. A.	98
6.2. Logros alcanzados	102
Conclusiones.....	107
Recomendaciones	109
Referencias	110
Anexos	112

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo	22
Tabla 2. Tolerancia de la resistencia de aislamiento	38
Tabla 3. Tolerancia de absorción dieléctrica	38
Tabla 4. Tolerancia del índice de polarización	39
Tabla 5. Cronograma de actividades	78
Tabla 6. Análisis de criticidad del mantenimiento correctivo	87
Tabla 7. Análisis de criticidad del mantenimiento preventivo	89
Tabla 8. Proyección para el avance del mantenimiento	92
Tabla 9. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 9	92
Tabla 10. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10	92
Tabla 11. Planificación para el mantenimiento correctivo en la sala 10	93
Tabla 12. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10	94
Tabla 13. Proyección para el avance del mantenimiento	98
Tabla 14. Proyección de la criticidad en del mantenimiento	99
Tabla 15. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 9	99
Tabla 16. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10	100
Tabla 17. Descripción de actividades.....	103
Tabla 18. Evaluación del tiempo empleado con la metodología tradicional y el análisis de criticidad.....	104
Tabla 19. Evaluación económica con la metodología tradicional y el análisis de criticidad.	105
Tabla 20. Evaluación del tiempo de inactividad con la metodología tradicional y el análisis de criticidad.....	106
Tabla 21. Antes y después del análisis de criticidad.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de mantenimiento	21
Figura 2. Matriz de clasificación de riesgo	25
Figura 3. Curva S de acuerdo con la selección acumulativa	26
Figura 4. Motor en baja tensión.....	36
Figura 5. Vista despiezada del motor de jaula de ardilla.....	37
Figura 6. Modelo diagrama espina de pescado	39
Figura 7. Modelo gráfico de Pareto	40
Figura 8. Modelo gráfico de control	41
Figura 9. Modelo de mapa de procesos.....	42
Figura 10. Organigrama de la empresa	49
Figura 11. Modelo Canvas	65
Figura 12. Actividad de coordinación.....	73
Figura 13. Actividad de supervisión	73
Figura 14. Actividad de planificación.....	74
Figura 15. Actividad de capacitación.....	75
Figura 16. Diagrama analítico de procesos del área de Planificación.....	76
Figura 17. Flujograma de las actividades profesionales.....	79
Figura 18. Diagrama causa-efecto de la gestión de mantenimiento.....	82
Figura 19. Matriz de criticidad para los procesos del mantenimiento correctivo	87
Figura 20. Matriz de criticidad para los procesos del mantenimiento preventivo	90
Figura 21. Secuencia del programa.....	91
Figura 22. Ventana principal del aplicativo.....	94
Figura 23. Modelo curva S de avance.....	95
Figura 24. Modelo curva S de criticidad	96
Figura 25. Modelo curva S de criticidad	96
Figura 26. Curva S de criticidad	97
Figura 27. Curva S de avance.....	101
Figura 28. Curva S de criticidad	101
Figura 29. Curva S de criticidad	102
Figura 30. Curva S de criticidad	102
Figura 31. Mantenimiento programado vs. utilizado - después.....	103

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito del presente informe de suficiencia profesional, titulado «Sistema de análisis de criticidad para la gestión de mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A.», es exponer las actividades desarrolladas en la gestión del mantenimiento de motores eléctricos mediante la aplicación de un sistema de análisis de criticidad. Este sistema posibilita el monitoreo continuo del cumplimiento de las metas establecidas por el personal responsable, asegurando la ejecución de un mantenimiento eficaz.

La adecuada gestión del mantenimiento en una parada mayor exige planificar, dirigir y controlar todas las actividades vinculadas, al mismo tiempo que permite la incorporación de nuevos aprendizajes. Con este propósito, se empleó el método general descriptivo y, de manera específica, el análisis de criticidad a través de una herramienta diseñada en Ms-Excel. En este proceso, se aplicó la fórmula básica de criticidad, que resulta del producto entre frecuencia y consecuencia, además de considerar otros criterios para calcular ambos factores. Los valores se obtuvieron en función del documento RPL (Recommended Parts List) proporcionado por el fabricante.

La elección de la metodología de análisis de criticidad respondió a la necesidad, identificada en el ejercicio de funciones como Supervisor de Planeamiento y Mantenimiento, de optimizar la asignación de recursos, reducir tiempos y costos, mejorar la confiabilidad y perfeccionar el mantenimiento. Los resultados evidenciaron que la aplicación de esta técnica contribuyó a fortalecer la gestión del mantenimiento de motores en la parada mayor de la Minera Chinalco S. A., al permitir la priorización de las actividades más relevantes. Asimismo, facilitó un seguimiento constante, el cumplimiento oportuno de la totalidad de tareas antes del plazo previsto y la disminución de los costos económicos, lo cual se corroboró mediante la curva S de avance y la curva S de criticidad.

La conclusión más relevante es que el uso del análisis de criticidad por cada actividad mediante el software diseñado en Ms-Excel, favoreció la gestión del mantenimiento de los motores en parada mayor se logró un ahorro promedio en tiempo de 60 minutos por cada cuadrilla de trabajo y un ahorro total de 2040 minutos (34 horas) en todo el mantenimiento; asimismo, se tuvo un ahorro promedio en costos de 14,00 dólares americanos por cuadrilla y un ahorro total de 476,00 dólares americanos en todo el mantenimiento; finalmente se logró disminuir el tiempo de inactividad de en 1190 minutos en todo el proceso de mantenimiento.

Palabras claves: Análisis de criticidad, mantenimiento y motores.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional surge de la necesidad de integrar los conocimientos adquiridos durante mi formación académica en Ingeniería Industrial con la experiencia acumulada en el campo laboral en la gestión de mantenimiento de la empresa Mainin SRL durante las paradas mayores de planta en la Minera Chinalco S. A. Mi motivación principal radica en demostrar que las herramientas de gestión, aplicadas de manera rigurosa, permiten transformar la práctica del mantenimiento en un proceso más eficiente, confiable y estratégico para la continuidad operacional de las empresas.

Durante mi experiencia como Supervisor de Planeamiento y Mantenimiento, pude constatar que ejecutar actividades de mantenimiento sin un análisis adecuado de criticidad genera pérdidas significativas: mayor consumo de recursos económicos, incremento de tiempos improductivos y, en ocasiones, omisión de fallas que comprometen la seguridad y la producción. Este hallazgo reforzó mi convicción de que la implementación de la metodología del análisis de criticidad, no es un complemento opcional, sino una necesidad fundamental en industrias de alta exigencia como la minera.

En el sector minero, el costo generado por un minuto de inactividad resulta al menos diez veces mayor que el mismo tiempo en condiciones de operación normal (1). Por esta razón, las compañías, en especial las dedicadas a la minería, ejecutan labores de mantenimiento de manera frecuente, llegando incluso a programar paradas mayores destinadas a intervenciones exhaustivas. En la actualidad, estos procesos demandan la aplicación de diversas metodologías tanto en la planificación como en la ejecución, dentro de las cuales se incluyen las matrices de criticidad (2). En el presente informe, dichas matrices fueron empleadas para la evaluación de riesgos durante las actividades de mantenimiento en las paradas mayores que estuvieron bajo mi responsabilidad.

El mantenimiento se entiende como el conjunto de acciones orientadas a preservar las condiciones físicas de los activos de una organización, garantizando su funcionamiento adecuado a un costo razonable (3). Asimismo, según (4), el análisis de criticidad constituye una herramienta que permite identificar y clasificar, en función de su relevancia, los activos de una instalación a los que conviene destinar recursos humanos, económicos y tecnológicos. Para llevar a cabo un análisis de criticidad riguroso, es indispensable reconocer los procesos y actividades asociados a cada tipo de mantenimiento. En el caso del área eléctrica de la Minera Chinalco S.A., se desarrollan mantenimientos preventivos y correctivos de motores de baja tensión, los cuales se encuentran principalmente en las fajas transportadoras y en los sistemas

de bombeo, equipos que resultan esenciales para la continuidad de las operaciones mineras. Aunque el presente informe se centra en el mantenimiento eléctrico de motores de baja tensión, la metodología es perfectamente aplicable a otros tipos de mantenimiento como el mecánico, instrumentación y control, civil y sistemas auxiliares. Esta transversalidad convierte al análisis de criticidad en un recurso de alto valor estratégico para la gestión integral del mantenimiento industrial.

El propósito del presente informe es exponer las actividades efectuadas en la gestión del mantenimiento de motores eléctricos, empleando como soporte un sistema de análisis de criticidad que permitió supervisar de manera continua el cumplimiento de las metas establecidas por el personal responsable y garantizar un mantenimiento eficiente. El trabajo se circunscribe al área de planeamiento y ejecución de mantenimiento eléctrico durante la parada mayor de la minera Chinalco, labor desarrollada por la empresa Mainin S. R. L.; otras áreas de la organización no participaron directamente, aunque sí brindaron respaldo logístico y financiero.

La aplicación de la metodología de análisis de criticidad en el mantenimiento de parada mayor presentó ciertas limitaciones, como la definición de hitos, ya que las actividades se ejecutan en lapsos cortos de solo algunas horas; no obstante, esta dificultad fue resuelta mediante inspecciones continuas y reportes al supervisor. Asimismo, surgieron interferencias con labores paralelas de otras áreas, como mecánica, situación que se superó a través de una adecuada coordinación para establecer horarios exactos de ejecución.

Con el fin de cumplir los objetivos, el documento se estructuró en los siguientes capítulos: el capítulo I aborda el marco teórico y conceptual que sustenta la gestión del mantenimiento, incluyendo estudios previos y fundamentos bibliográficos; el capítulo II desarrolla la metodología aplicada en el Informe de Suficiencia Profesional, considerando método, alcance, objetivos, diseño del estudio, población, muestra y técnicas de recolección de datos; el capítulo III presenta la descripción de la empresa donde se realizaron las actividades, incorporando información general, principales operaciones, reseña histórica, estructura organizativa y perfiles de los puestos; en el capítulo IV se detallan las funciones desempeñadas por el bachiller, así como la justificación, alcance, responsabilidades, actividades profesionales y entregables; el capítulo V expone el análisis y diagnóstico situacional de la empresa, mediante evaluaciones cuantitativas y cualitativas, descripción de procesos e identificación de problemas; finalmente, el capítulo VI presenta los resultados, con el plan de mejora propuesto, los logros alcanzados y la evaluación económico-financiera de las acciones sugeridas para la solución de las problemáticas detectadas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del problema

La criticidad se define como el estado o condición de crítico de un proceso o etapa, en el mantenimiento un estado crítico se da cuando por los diversos agentes no se puede completar el plan de mantenimiento programado, o se debe realizar un mantenimiento correctivo en estado crítico que incide en las funciones primarias de la empresa.

La criticidad en el mantenimiento se refiere a la evaluación y clasificación de los activos de una organización basada en la importancia relativa y el impacto de su fallo en la operación general, seguridad, y rentabilidad de la empresa. Esta metodología es crucial en la gestión del mantenimiento, ya que permite a las organizaciones priorizar recursos y esfuerzos, asegurando que los activos más críticos reciban la atención necesaria para minimizar el riesgo de fallos y maximizar la eficiencia operativa.

En base a lo anterior para gestionar la criticidad en el proceso de mantenimiento se evalúa la importancia y el impacto de cada proceso del mantenimiento objeto del presente informe; en el contexto del mantenimiento, la criticidad se analiza típicamente a través de un proceso sistemático que evalúa diversos factores como la función del equipo, la frecuencia de uso, las consecuencias de su fallo, la posibilidad de fallo y las opciones de reparación o reemplazo. Este proceso puede ser cuantitativo, cualitativo o una combinación de ambos, y a menudo implica la creación de una matriz de criticidad que clasifica los equipos en categorías basadas en su importancia para la operación.

La determinación de la criticidad de un activo implica considerar no solo el impacto directo de un fallo en la producción o servicios, sino también las implicaciones de seguridad, medioambientales y legales. Por ejemplo, un fallo en un equipo crítico podría no solo detener la producción, sino también causar accidentes, daños ambientales o incumplimientos legales, lo que podría resultar en costosas multas y daños a la reputación de la empresa.

Además, la criticidad es dinámica y puede cambiar con el tiempo debido a nuevos desarrollos tecnológicos, cambios en las condiciones de operación, o la degradación del equipo. Por lo tanto, la evaluación de la criticidad debe ser un proceso continuo, integrado en la

planificación y ejecución del mantenimiento; esto asegura que las estrategias de mantenimiento permanezcan alineadas con los objetivos operativos y de negocio de la organización.

Un análisis de criticidad adecuado requiere identificar y comprender cada uno de los pasos o procesos vinculados al tipo de mantenimiento ejecutado. En el área eléctrica de Minería Chinalco S. A., destacan el mantenimiento preventivo y el correctivo de motores de baja tensión, los cuales se encuentran principalmente en fajas transportadoras y equipos de bombeo, elementos considerados esenciales dentro de las operaciones mineras.

En cuanto al mantenimiento correctivo de motores de baja tensión, se priorizan actividades como la verificación y conexión de la caja de conexiones, el reemplazo de cables de fuerza y control, así como la reparación o sustitución de motores. Estas intervenciones suelen responder a fallas derivadas de maniobras inadecuadas en la operación o a la ausencia de un mantenimiento preventivo oportuno.

Por su parte, el mantenimiento preventivo contempla acciones como la limpieza de la carcasa externa, la revisión del ventilador, la apertura de la caja de conexión y el desconexión de los cables, además de la aplicación de pruebas eléctricas tales como absorción dieléctrica, índice de polarización, desbalance resistivo, y pruebas de aislamiento a los cables de fuerza. También incluye la reconexión de dichos cables al motor y el mantenimiento de la botonera de emergencia en campo.

El costo de un minuto de inactividad es, al menos, diez veces mayor que el de un minuto en condiciones normales de operación (1). Por este motivo, las empresas —en especial las del sector minero— ejecutan mantenimientos con alta frecuencia e incluso programan paradas mayores para realizar intervenciones exhaustivas.

En la actualidad, la aplicación de diversas metodologías resulta indispensable tanto en la planificación como en la ejecución del mantenimiento; entre estas se encuentran las matrices de criticidad (2). En el presente informe, estas matrices fueron utilizadas para evaluar los riesgos durante los mantenimientos realizados en paradas mayores bajo mi supervisión.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Mantenimiento

El Mantenimiento es un área clave que respalda el funcionamiento de los sistemas productivos actuales, con el objetivo principal de garantizar la operatividad de los equipos y preservar el buen estado de las maquinarias a lo largo del tiempo (1). El mantenimiento puede

iniciar con tareas básicas como organización, limpieza, lubricación elemental y pequeños ajustes, evolucionando hacia actividades más complejas, como programas de inspección y lubricación, mediciones específicas con herramientas especializadas, y monitoreo continuo o en tiempo real. En el contexto de la industria moderna, existe un enfoque creciente hacia la implementación de mediciones en línea, un concepto central de la denominada industria 4.0.

El mantenimiento comprende todas las acciones destinadas a preservar las condiciones físicas de una organización o empresa, asegurando su operatividad de manera eficiente y con un costo adecuado (3), los mantenimientos se planifican mediante un programa anual, el cual se define en base a los datos recopilados en intervenciones previas y a los requerimientos particulares de cada área.

1.2.2. Máquina y equipo

El conjunto de componentes fijos y móviles que permiten el aprovechamiento, control, regulación o transformación de la energía eléctrica para cumplir con un propósito específico. En el ámbito eléctrico e industrial, una máquina o sistema eléctrico no solo transforma energía, sino que también puede entregar un producto tangible en términos de electricidad, como convertir la energía generada en una central en electricidad distribuida a través de redes de transmisión. Un ejemplo claro serían los motores de baja tensión.

Por otro lado, cuando hablamos de «equipos», nos referimos al conjunto de dispositivos, instrumentos y herramientas que cumplen funciones específicas en el proceso de distribución y transformación de energía. Estos equipos generalmente prestan un servicio o modifican alguna propiedad de la energía que circula a través de ellos. En el ámbito eléctrico, los equipos como los paneles de control, las subestaciones y los sistemas de protección aseguran que el flujo de energía sea seguro y estable en todo el sistema. Ejemplos de estos equipos incluyen los interruptores automáticos, reguladores de voltaje, sistemas de monitoreo y protección, entre otros, que cumplen un rol clave en la operación de cualquier sistema eléctrico.

1.2.3. Fallas y estados asociados

Una falla se refiere a cualquier condición que comprometa el funcionamiento adecuado de una máquina o equipo, teniendo como división a falla funcional y falla potencial.

Falla funcional, es el tipo de falla que detiene por completo el funcionamiento de una máquina o equipo, lo que genera una interrupción total de la operación. Por ejemplo, en un motor eléctrico, una falla funcional podría ser la quema de los devanados debido a una

sobrecarga o un cortocircuito interno, lo que impide que el motor continúe operando y requiere una reparación o reemplazo inmediato.

Falla potencial, este tipo de falla no impide que la máquina o equipo siga en operación, pero crea las condiciones para que en el futuro ocurra una falla más grave o incluso una parada total del equipo. En el caso de un motor eléctrico, una falla potencial podría ser un sobrecalentamiento intermitente debido a un desgaste en los rodamientos. Aunque el motor sigue funcionando, si no se corrige a tiempo, esta situación puede derivar en una falla funcional más severa, como el daño irreversible del eje o el rotor, que detendría por completo la operación del motor.

1.2.4. Estados de una máquina/equipo

Los estados de una maquina se dividen en: estado teórico o nominal, y el estado real.

El estado teórico o nominal de un motor eléctrico, se refiere a cómo debería funcionar cuando es nuevo, justo al salir de fábrica. En este punto, el motor opera en su capacidad óptima, cumpliendo con las especificaciones técnicas originales de rendimiento, eficiencia y seguridad. Sin embargo, a medida que el motor se utiliza y envejece, su rendimiento disminuye de manera natural debido al desgaste. Este desgaste acumulado requiere que el estado teórico original sea ajustado y se convierta en el estado nominal, que toma en cuenta la pérdida progresiva de eficiencia después de una cierta cantidad de horas de operación. Por ejemplo, un motor que originalmente opera a una eficiencia del 95 % puede, con el tiempo, reducirse a un 90 % debido al desgaste normal en los rodamientos o las piezas móviles.

El estado real de un motor eléctrico refleja las condiciones en las que opera en un momento determinado. Este estado puede o no coincidir con los valores teóricos y nominales. Por ejemplo, un motor nuevo podría funcionar en su estado teórico si todas sus condiciones son óptimas; sin embargo, después de años de uso, su estado real puede desviarse del nominal debido a factores como sobrecalentamiento, deterioro del aislamiento o acumulación de impurezas en sus componentes móviles. Estas situaciones pueden provocar que el motor opere por debajo de su capacidad nominal o, en casos graves, necesite mantenimiento para prevenir fallos.

1.2.5. Objetivos básicos del mantenimiento

El mantenimiento guarda una estrecha relación con la producción, por lo que resulta esencial comprender primero el concepto de empresa y, posteriormente, analizar las entradas y salidas de un equipo antes de establecer los objetivos de mantenimiento.

Una empresa puede definirse como una entidad que integra recursos materiales, humanos y financieros con el propósito de elaborar bienes, prestar servicios y generar utilidades para sus propietarios.

En este proceso, a partir de la utilización de energía, mano de obra, repuestos, labores de mantenimiento y otros insumos, las materias primas se convierten en productos finales. Sin embargo, también se generan residuos, como recortes o desechos sólidos. Asimismo, aparecen efluentes, distintos de los desperdicios comunes, que generalmente poseen carácter contaminante, tales como emisiones de gases, vapores, aguas residuales con compuestos químicos o niveles de ruido elevados.

En base a lo mencionado, los objetivos fundamentales del mantenimiento pueden resumirse de la siguiente manera:

- Asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones necesarios.
- Preservar y extender la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Mejorar la seguridad del personal que participa en la producción, así como la de los equipos e instalaciones.
- Minimizar los costos operativos.

1.2.6. Sistemas de mantenimiento

Las organizaciones implementan diferentes enfoques para administrar sus procesos de mantenimiento, abarcando desde estrategias básicas hasta metodologías sofisticadas. En el nivel más elemental, encontramos el Mantenimiento Correctivo, que simplemente responde a las fallas cuando estas ocurren. En contraste, en el extremo más avanzado del espectro, tenemos el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR), que representa un enfoque más proactivo y analítico.

Un elemento fundamental, que atraviesa todos los sistemas de mantenimiento, es el denominado «Mantenimiento de preparación». Este componente engloba todas las tareas preliminares esenciales que deben realizarse antes de cualquier intervención de mantenimiento. Estas actividades preparatorias son diversas e incluyen:

- La gestión y obtención de piezas de repuesto
- La disposición y organización de herramientas específicas
- La manufactura de componentes necesarios
- El acondicionamiento de espacios para el desmontaje de equipos

La figura 1 presenta una representación visual de estos sistemas principales de mantenimiento, ilustrando cómo se interrelacionan estos diferentes enfoques en la práctica.

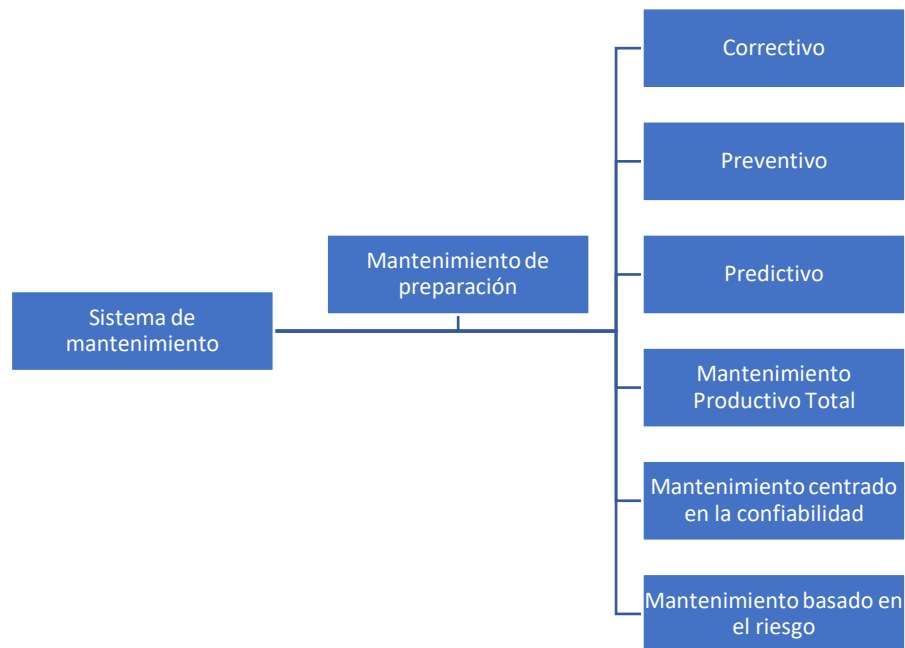


Figura 1. Sistemas de mantenimiento

1.2.7. Mantenimiento correctivo o a la falla o de emergencia CM (*Corrective Maintenance*)

El mantenimiento correctivo se define como la intervención realizada sobre un equipo únicamente cuando se produce una falla funcional o cuando se identifica evidencia clara de que ocurrirá una avería significativa (falla potencial). Este sistema se clasifica en dos modalidades principales:

- Correctivo de emergencia
- Correctivo programado

El mantenimiento correctivo de emergencia se ejecuta frente a una avería imprevista que se presenta durante el horario de producción, ocasionando generalmente la interrupción o paralización del proceso productivo. Dichas fallas pueden generar considerables pérdidas de producción, riesgos en la seguridad laboral, incumplimiento de compromisos con los clientes, problemas en la calidad del producto e incluso impactos ambientales negativos.

El mantenimiento correctivo programado, en cambio, se aplica cuando se detecta una falla potencial cuyo impacto no reviste carácter crítico. En este caso, se permite que la operación continúe hasta la finalización de la jornada o del ciclo productivo, tras lo cual se procede con las reparaciones correspondientes.

Por ejemplo, si un motor eléctrico clave para el funcionamiento de una línea de producción falla inesperadamente, provocando la detención total del proceso, se requeriría un Mantenimiento Correctivo de emergencia. En este caso, la parada abrupta del motor podría causar demoras en las entregas y, potencialmente, comprometer la seguridad del personal debido a fallos en sistemas auxiliares. En contraste, si se detecta una vibración anómala en el motor que no detiene su funcionamiento de inmediato, pero indica un desgaste en los rodamientos, se podría planificar un Mantenimiento Correctivo programado. Esto permitiría continuar con la producción hasta finalizar la jornada, para luego desmontar el motor, revisar los componentes dañados y hacer las reparaciones necesarias sin interrumpir gravemente el proceso productivo.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo

Ventajas	Desventajas
Este sistema no requiere de una planificación o programación detallada.	Provoca la aparición de fallas funcionales, con todas las repercusiones negativas que esto implica.
Tampoco demanda una estructura técnico-administrativa compleja.	A mediano y largo plazo, resulta sumamente costoso.
A corto plazo, representa una opción de mantenimiento de bajo costo.	

1.2.8. Mantenimiento productivo total TPM (*Total Productive Maintenance*)

Más que un simple sistema de mantenimiento, es la implementación de una filosofía tanto empresarial como personal que tiene como objetivo optimizar al máximo la eficiencia en los procesos productivos. El concepto de Productividad se refiere a la capacidad de obtener el mayor rendimiento posible en relación con los recursos utilizados. No se trata solo de aumentar la cantidad producida, sino de hacerlo de manera eficiente, alcanzando el máximo nivel de producción con el menor uso de recursos posibles.

Por ejemplo, en una planta industrial, el motor eléctrico que impulsa una cinta transportadora podría estar optimizado bajo esta filosofía. En lugar de simplemente hacer funcionar el motor a su máxima capacidad, el objetivo sería encontrar un punto de equilibrio en el que el motor funcione eficientemente, utilizando la menor cantidad de energía posible, mientras sigue moviendo la mayor cantidad de material sin interrupciones ni sobrecarga. Esto puede implicar el uso de un sistema de monitoreo inteligente para ajustar automáticamente la velocidad del motor en función de la demanda (uso de variadores de frecuencia), optimizando así la productividad del equipo sin consumir más energía de la necesaria ni desgastar los componentes prematuramente.

1.2.9. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Esta filosofía de mantenimiento es una de las diversas estrategias disponibles para desarrollar un Plan de Mantenimiento y ofrece ventajas significativas en comparación con otras técnicas. Originalmente concebida para la industria aeronáutica, surgió como una solución para reducir los elevados costos asociados con el reemplazo sistemático de componentes, lo que ponía en riesgo la rentabilidad de las aerolíneas. Tras demostrar su eficacia en este sector, su aplicación se extendió al ámbito industrial, donde también ha mostrado resultados sobresalientes (5).

- El análisis bajo la metodología RCM (*Reliability Centered Maintenance*) ofrece beneficios relevantes, entre los que destacan:
- Comprensión más profunda del funcionamiento de los equipos.
- Identificación de fallas potenciales y definición de mecanismos preventivos, tanto por causas propias de los equipos como por errores humanos.
- Diseño de estrategias orientadas a garantizar el desempeño de los equipos dentro de los parámetros establecidos, que incluyen planes de mantenimiento, procedimientos operativos para producción y mantenimiento, implementación de mejoras o modificaciones, así como la determinación del inventario óptimo de repuestos disponibles en la planta.

Tras evaluar la criticidad de los equipos y definir el modelo de mantenimiento más conveniente para cada uno, las siguientes fases del proceso comprenden:

- Identificación de los fallos funcionales y técnicos de los sistemas que conforman los equipos.
- Análisis de los modos de fallo a nivel funcional y técnico.
- Estudio de las consecuencias de los fallos, diferenciando aquellos que deben evitarse de los que pueden mitigarse.
- Definición de medidas preventivas que minimicen o atenúen los efectos de los fallos.

- Selección de tareas de mantenimiento coherentes con el modelo establecido.
- Determinación de la frecuencia óptima de las intervenciones.
- Organización de tareas en rutas y gamas de mantenimiento, con la correspondiente elaboración del plan inicial.
- Implementación de rutas y gamas, con los ajustes y mejoras necesarios.
- Documentación de los procedimientos para la ejecución práctica de dichas rutas y gamas.

Cabe destacar que un Plan de Mantenimiento por sí solo no garantiza la eliminación total de averías, dado que la efectividad comienza desde el diseño del equipo y en la elección de compra. Una instalación con un diseño deficiente, aun con un mantenimiento riguroso, presentará mayor probabilidad de fallar frente a un diseño robusto. Asimismo, el éxito del mantenimiento depende del uso correcto del equipo, del cumplimiento de las especificaciones de operación (condiciones ambientales, calidad de suministros como electricidad o agua de refrigeración) y del manejo responsable por parte del personal.

En este sentido, el Plan de Mantenimiento constituye el tercer eslabón dentro de la cadena para lograr alta disponibilidad con bajo costo. Para que sea útil, debe ser práctico y aplicable; un plan demasiado complejo, con tareas poco operativas y excesiva documentación, puede resultar ineficiente y quedar en desuso. Una premisa fundamental en la planificación es que un plan de mantenimiento parcial pero ejecutado es más valioso que un plan exhaustivo y teórico que nunca se aplica.

1.2.10. Mantenimiento basado en el riesgo RBM (*Risk Based Maintenance*)

El Sistema de Mantenimiento de última generación concentra los recursos en aquellos equipos que, tras un análisis de probabilidad y riesgo, muestran el mayor nivel de criticidad. En este sentido, el Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM) resulta especialmente pertinente en instalaciones de alta peligrosidad, como las plantas petroquímicas, nucleares o biológicas, donde la seguridad y la confiabilidad son prioridades estratégicas.

La figura 2 representa de forma esquemática la esencia del RBM: mediante el uso de una matriz de riesgo se evalúa cada componente del sistema o equipo con el fin de garantizar su máxima eficiencia. Este enfoque integra el empleo de Sistemas Integrados de Seguridad

(SIS) orientados a reducir el riesgo a niveles tolerables, pues su eliminación total es inviable. En la práctica industrial, la aplicación del RBM exige la intervención de equipos multidisciplinarios, que aportan conocimientos complementarios para optimizar la seguridad operativa y la fiabilidad de los sistemas.

Dentro de esta perspectiva general de enfoques de mantenimiento, conviene destacar el papel del Mantenimiento Analítico. Si bien no constituye un sistema de mantenimiento en sí mismo, funciona como una herramienta transversal que puede aplicarse en los distintos modelos.

El Mantenimiento Analítico se fundamenta en el análisis estadístico de fallas, con el propósito de identificar la causa raíz de los problemas y facilitar una toma de decisiones más precisa. En una primera etapa, recurre a Indicadores de Mantenimiento para evaluar el desempeño global del sistema; posteriormente, emplea diversas técnicas que enriquecen el diagnóstico y orientan la selección de acciones correctivas o preventivas más adecuadas, tales como:

- Análisis de la causa raíz de la falla
- Árbol de análisis de fallas.
- Análisis de Pareto
- Diagrama Causa y Efecto.

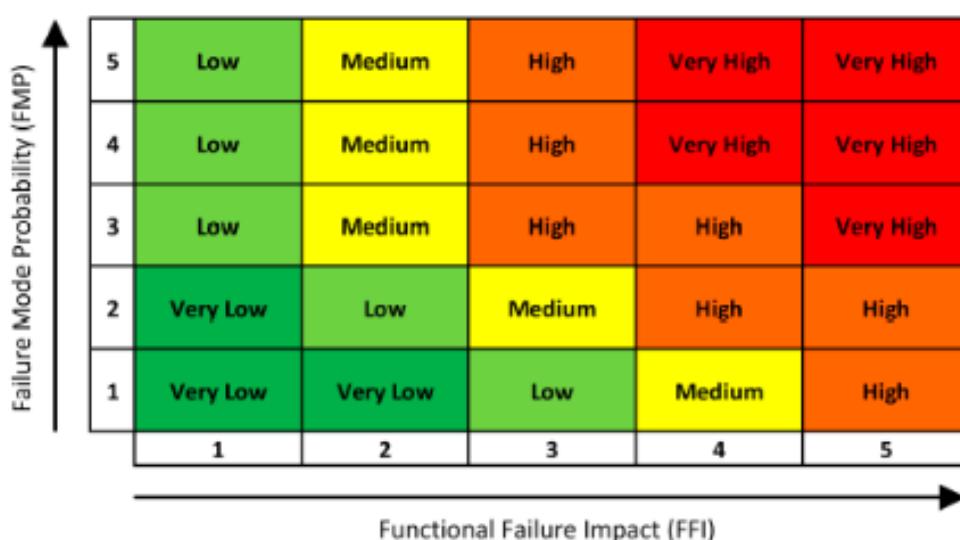


Figura 2. Matriz de clasificación de riesgo (6)

1.2.11. Curva «S» en la gestión del mantenimiento

La curva «S» es una herramienta gráfica utilizada ampliamente en la gestión de proyectos para representar el progreso acumulativo a lo largo del tiempo. Esta curva ilustra el

avance del proyecto en términos de costos, tiempo, o cantidad de trabajo realizado frente a los valores planificados. Se denomina curva «S» porque, en un proyecto típico, el crecimiento inicial es lento, luego se acelera durante la fase de mayor actividad, y finalmente se ralentiza de nuevo conforme el proyecto se acerca a su finalización, formando una curva con forma de «S».

En la fase inicial, el trabajo realizado es mínimo mientras se organizan los recursos y se definen las actividades. En la fase intermedia, donde ocurre la mayor parte de la ejecución, el progreso es mucho más rápido. Finalmente, en la fase de cierre, el progreso vuelve a ser lento debido a tareas más detalladas y finales, como las pruebas y la documentación. La curva «S» permite a los gestores de proyectos comparar lo planificado con lo real y realizar ajustes si es necesario, brindando una visualización clara de cómo avanza el proceso (7).

La planificación y el seguimiento con la curva S se aplica en muchos sectores para diversos análisis, así se analiza por ejemplo el análisis de costo teniendo diversas formas de interpretación del avance según algunas características se muestra en la figura 3, esto nos permite poder realizar los reajustes necesarios en cada periodo, para nuestro caso los análisis se realizaron al mantenimiento preventivo y correctivo de motores eléctricos.

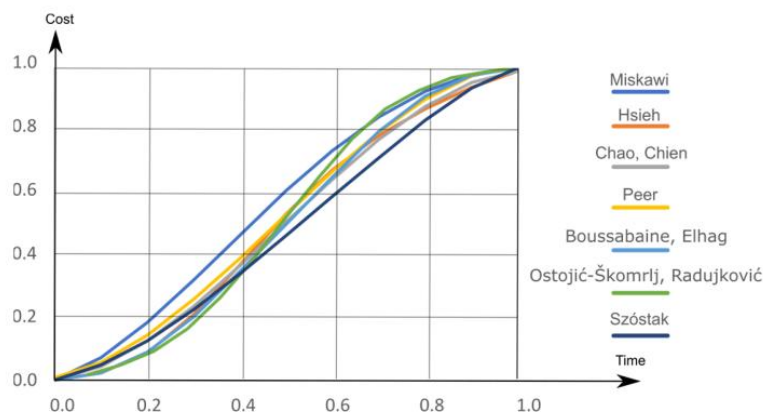


Figura 3. Curva S de acuerdo con la selección acumulativa (8)

1.2.12. Mantenimiento en plantas mineras

En los últimos años, el mantenimiento de las instalaciones mineras ha experimentado una transformación significativa, impulsada por el desarrollo tecnológico de los equipos e instrumentos utilizados en estas actividades. Este avance ha generado nuevas oportunidades de optimización, mejorando la eficiencia de los procesos, aumentando la producción y reduciendo los tiempos de inactividad imprevistos de los equipos.

Un mantenimiento adecuado no solo garantiza una mayor disponibilidad operativa, sino que también optimiza el consumo de energía y prolonga la vida útil de los equipos. En contraste, las instalaciones que carecen de un sólido plan de mantenimiento predictivo, enfocado en minimizar el mantenimiento correctivo derivado de fallos inesperados, experimentan una menor disponibilidad y enfrentan pérdidas financieras debido al incumplimiento de los objetivos de producción.

1.2.12.1. Mantenimientos correctivos y de rutina

Este tipo de mantenimiento, conocido como mantenimiento correctivo, se lleva a cabo con el personal de la mina que trabaja en turnos rotativos, ya que las operaciones mineras suelen funcionar de manera continua las 24 horas del día, los 7 días de la semana. En este contexto, es común que surjan fallas imprevistas en equipos críticos que requieren atención inmediata para evitar paradas prolongadas en la producción. Por ejemplo, en el caso del sistema de transporte por fajas (cintas transportadoras), una avería podría interrumpir el flujo de material extraído desde el frente de trabajo hasta las plantas de procesamiento, lo que impactaría negativamente en la cadena de producción, generando retrasos y posibles pérdidas económicas. Del mismo modo, los sistemas de bombeo, esenciales para la gestión de aguas subterráneas y el control de inundaciones en minas subterráneas o a cielo abierto, también requieren intervención inmediata en caso de fallas, ya que su mal funcionamiento podría derivar en problemas graves como inundaciones, detenciones en el trabajo, y riesgos a la seguridad de los trabajadores y la infraestructura.

Por ello, es fundamental contar con personal capacitado y disponible para atender estas emergencias de manera rápida y efectiva, minimizando el tiempo de inactividad y asegurando que la operación minera continúe sin contratiempos. Además, es común que estas intervenciones se realicen en condiciones difíciles, con equipos pesados, en ambientes hostiles y con presiones constantes por parte de la producción, lo que requiere no solo habilidades técnicas, sino también una coordinación efectiva entre los equipos de mantenimiento, operaciones y seguridad. Así, el mantenimiento correctivo en minería se convierte en un pilar esencial para la continuidad operativa de las explotaciones mineras, que no pueden permitirse largas paradas debido a la alta demanda de producción y los costosos tiempos de inactividad.

1.2.12.2. Mantenimientos preventivos con parada de planta

En la minería, las paradas mayores o paradas programadas son períodos clave dentro del ciclo de operación, donde se detienen por completo las actividades productivas para realizar un mantenimiento exhaustivo de todos los equipos y sistemas críticos. Estas paradas no se planifican de manera improvisada, sino que son el resultado de un análisis riguroso y detallado,

basado en el plan de mantenimiento preventivo, el cual está diseñado para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria a lo largo de su ciclo de vida. Este tipo de mantenimientos se planifican con meses de anticipación, considerando no solo la logística de los recursos necesarios, sino también la disponibilidad de repuestos, herramientas, y personal especializado, tanto interno como externo.

Durante una parada mayor, se llevan a cabo actividades preventivas y correctivas en equipos como fajas transportadoras, molinos de trituración, equipos de bombeo, palas hidráulicas, y vehículos de carga pesada, entre otros. El objetivo principal es prevenir fallas inesperadas que, de suceder durante la operación normal, podrían ocasionar costosas interrupciones no planificadas en la producción y poner en riesgo la seguridad de los trabajadores y la integridad de los equipos.

Por ejemplo, se realizan inspecciones y reemplazos programados de piezas que presentan desgaste natural debido al uso continuo, como rodamientos, correas, y engranajes. También se realizan calibraciones y ajustes en los sistemas eléctricos, mecánicos, y de control automatizado. Además, se aprovecha la parada para realizar mejoras tecnológicas, ajustes en los procesos, y modernización de equipos, lo que contribuye a aumentar la eficiencia operativa y reducir el consumo energético.

En el trabajo que se ha realizado con la empresa Mantenimiento e Ingeniería Industrial S.R.L. se realizan los siguientes trabajos de mantenimiento durante las paradas mayores:

- Mantenimiento correctivo de arrancadores en baja tensión
- Mantenimiento correctivo de arrancadores en media tensión
- Mantenimiento correctivo de ciclo convertidores de los molinos
- Mantenimiento correctivo de motores de baja tensión
- Mantenimiento de sistemas de iluminación y tomacorrientes
- Mantenimiento preventivo de variadores de baja tensión
- Mantenimiento preventivo de sistema GMD de molino de bolas y SAG
- Mantenimiento preventivo de motores de baja tensión
- Mantenimiento y operación de tableros de distribución
- Mantenimiento correctivo a variadores de baja tensión
- Canalización y tendido de cables de fuerza y control
- Mantenimiento preventivo a motores de MT
- Mantenimiento preventivo de UPS

Entre otras labores específicas en el área de electricidad e instrumentación, donde la labor de analizar los riesgos que conlleva la ejecución y el proceso mismo en análisis de su ejecución está última referida a mi función principal para asegurar que el mantenimiento se realice con toda normalidad, sin afectar en tiempo o ejecuciones.

1.2.12.3. Bloqueo y etiquetado para desarrollo de mantenimiento

El bloqueo y etiquetado (*Lockout/Tagout, LOTO*) es un conjunto de procedimientos de seguridad que se utiliza para asegurar que máquinas, equipos o instalaciones que contienen fuentes de energía peligrosas (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, térmica, etc.) se encuentren completamente desactivados y no puedan ser encendidos accidentalmente durante trabajos de mantenimiento, reparación o inspección (9).

El bloqueo, implica colocar dispositivos de bloqueo físico, como candados, cadenas o abrazaderas, en las fuentes de energía, como interruptores o válvulas. Esto garantiza que los equipos no puedan ser reactivados o energizados accidentalmente durante el mantenimiento.

El etiquetado, consiste en colocar etiquetas de advertencia en los dispositivos bloqueados. Estas etiquetas indican que el equipo o la máquina está fuera de servicio por mantenimiento y que no debe ser encendido. Incluyen información sobre quién colocó la etiqueta, la fecha y la razón del bloqueo, y son una advertencia visual para cualquier persona cercana.

En la industria minera, donde existen numerosos puntos energizados y maquinaria pesada, el LOTO es fundamental para prevenir accidentes graves, como electrocuciones, atrapamientos o explosiones. Estas fuentes de energía pueden ser difíciles de detectar o controlar, y cualquier reactivación accidental podría poner en peligro la vida de los trabajadores. Procedimiento típico:

- **Identificación:** Se identifican todas las fuentes de energía que deben bloquearse.
- **Aislamiento:** Se desconectan las fuentes de energía y se aplica el bloqueo físico (candado) en los dispositivos de aislamiento de energía.
- **Etiquetado:** Se coloca la etiqueta que avisa que el equipo está bloqueado y quién es responsable.
- **Liberación de energía:** Se aseguran de que no haya energía residual en el sistema (por ejemplo, descargando presión en un sistema hidráulico).
- **Prueba:** Antes de comenzar a trabajar, se verifica que el equipo está efectivamente desenergizado.

- El bloqueo y etiquetado es una medida crítica en ambientes mineros, donde los riesgos de accidentes son altos si no se siguen procedimientos de seguridad rigurosos.

1.2.13. Planificación

1.2.13.1. Concepto

La planificación consiste en definir un curso de acción concreto, estableciendo los principios que lo regirán, la secuencia de actividades a ejecutar y la frecuencia con la que deberán llevarse a cabo. Para planificar correctamente, es fundamental comenzar por definir los objetivos que se desean alcanzar. A partir de estos, se establecen políticas que funcionan como directrices para facilitar la gestión administrativa.

El siguiente paso es diseñar un procedimiento que permita distribuir los recursos de manera eficiente, incluyendo el tiempo asignado dentro del programa. Además, es crucial prever los posibles escenarios que pueden surgir al seguir el plan, ya que estos supuestos servirán como referencia en la fase de evaluación mediante indicadores de gestión.

La planificación es el pilar fundamental del proceso de gestión, ya que sin ella no es posible organizar, coordinar, ejecutar ni controlar adecuadamente las actividades. Todo plan comienza con la aspiración de alcanzar una meta; para ello, es necesario identificar las restricciones y limitaciones que puedan influir en su desarrollo. Esto permite seleccionar el método más adecuado y, en consecuencia, definir el procedimiento a seguir.

Finalmente, para construir un plan lógico y estructurado, es recomendable partir del objetivo final y «retroceder» hasta identificar la primera acción necesaria para alcanzarlo, asegurando así un enfoque coherente y eficaz en su ejecución.

1.2.13.2. Procedimientos

Este paso consta de una serie de tareas relacionadas cronológicamente que representan cómo se debe realizar el trabajo. Todas las empresas deben imprimir y explicar completamente los procedimientos para que las personas que los revisan, los comprendan y tengan los recursos necesarios, en caso tienen preguntas se deben aclarar. Incluso si solo se tiene métodos e instrucciones deficientes, es más rápido y fácil crear el manual que necesita y estudiar el manual existente en lugar de esperar hasta que sea posible depurarlo, porque es lógico tener algo de experiencia con esto.

En cambio, si los procedimientos existen sólo implícitamente, la empresa experimentará confusión causada por malentendidos por parte de todos los supervisores,

supervisores, etc., y tendrá procedimientos que cree que son mejores y cambian con el tiempo, de la misma manera, la mente de la misma persona cambia a medida que adquiere nuevas experiencias y conocimientos.

1.2.13.3. Programas

Un programa es una lista o diagrama que muestra la interrelación del personal físico y técnico a lo largo del tiempo. Nos dan reglas de comportamiento que debemos seguir para lograr nuestros objetivos. También muestra quién debe hacer qué trabajo, cuándo debe comenzar y cuándo debe terminar, lo que facilita la alineación de los recursos con las necesidades que deben satisfacer.

Los programas son el resultado de la planificación y cuanto más cuidadosamente se ejecuten, más valiosos y precisos serán. No se puede crear un gran programa sin un plan perfectamente equilibrado. Un programa con fundamentos deficientes y variabilidad generalmente queda inutilizable poco después de su creación. Está claro que ningún programa es inmutable, pero ésta es una verdad indiscutible. Cuanto más cuidadosamente se planifique, más fuerte y seguro será su programa y con menos frecuencia tendrá que comprobarlo, aumentando así significativamente sus esfuerzos de control. La programación se convierte, por tanto, en expresión de la aplicación de un criterio «económico» a la actividad del Estado, de una empresa o de un particular, y al mismo tiempo en un criterio «administrativo» de organización de los procedimientos de puesta en marcha de esos recursos.

1.2.13.4. Presupuestos

Los presupuestos se presentan en un formato diseñado específicamente para informar sus necesidades futuras y los resultados que se deben lograr. En resumen, un presupuesto se crea sobre la base del programa de planificación resultante y puede expresarse en una variedad de unidades, no solo en unidades monetarias. Por tanto, puede haber presupuestos de mano de obra, materiales, horas extras, ventas, producción, etc.

Los presupuestos son esenciales para la gestión porque permiten comparar lo logrado y conocer el alcance de las posibles desviaciones para realizar las correcciones que se consideren necesarias.

1.2.14. Ejecución

Ejecutar significa «llevar a cabo una acción». Desde una perspectiva gerencial, la ejecución implica la labor de un administrador, gerente o supervisor cuyo propósito es facilitar el trabajo de sus subordinados para que puedan alcanzar las metas establecidas en el plan

organizacional. Esto implica coordinar recursos, brindar apoyo y garantizar que las acciones se realicen de manera eficiente y alineada con los objetivos estratégicos de la organización. (10)

La ejecución implica la aplicación de aprendizaje, experiencia, conocimiento y capacitación para comprender y gestionar el comportamiento de los recursos humanos dentro de una empresa. Por esta razón, todo directivo debe contar con las habilidades y conocimientos necesarios para motivar a su equipo, fomentando el interés, el deseo de crecimiento y el compromiso con el trabajo.

Estos aspectos están estrechamente relacionados, en primer lugar, con la personalidad del líder y, en segundo lugar, con su capacidad para comprender el comportamiento humano, lo que le permite generar un entorno de trabajo positivo y productivo.

Estudiar ciencias sociales como la antropología, la psicología, la filosofía y la sociología puede ayudarlo a obtener una comprensión más profunda de las personas que lo rodean y de usted mismo. Si a esto le sumamos que el directivo tiene buenos rasgos de personalidad que puede gestionar, podrá desenvolverse bien en su entorno. Cuando las personas son su recurso más importante, debe seleccionarlas y desarrollarlas cuidadosamente porque el futuro de su empresa depende de su conocimiento y voluntad de éxito.

Los buenos gerentes y administradores se preocupan de aplicar ciertos principios clave para garantizar que sus subordinados se esfuercen por alcanzar sus objetivos. Por tanto, ayudarán y motivarán a sus subordinados. Una vez logrado esto, debe establecer una comunicación adecuada con y entre ellos para poder dirigir adecuadamente sus esfuerzos y, en última instancia, lograr una buena coordinación de todos los recursos humanos.

Construir una cultura de seguridad sólida es un proceso intensivo e involucrado que requiere dedicación y compromiso de todos los miembros de la organización. Los empleados de la organización en cada nivel jerárquico tienen responsabilidades únicas en el desarrollo de una cultura de seguridad, y la garantía del éxito se basa en la integración de actividades entre todos estos niveles y empleados.

1.2.15. Control

El control es comprobar si las personas, los recursos físicos y técnicos llevan a cabo lo planificado dentro del tiempo considerado, con o sin desviaciones de los estándares especificados. En realidad, el control en sí es un proceso que comienza con la finalización de la planificación, establece normas y estándares derivados del presupuesto y continúa durante todo el proceso de control, haciéndolo constante y dinámico.

Primero, debes decidir qué necesitas controlar. Esto será más fácil al final de la planificación. Porque a partir de ahí se puede predecir lo que sucederá en una gama muy amplia de eventos. Dependiendo de la experiencia, criterios y eventos observados por el administrador, se selecciona como punto de control el presupuesto del evento más relevante.

La selección adecuada de «puntos de control» durante la etapa de planificación y su estricto cumplimiento durante la etapa de control evitarán conflictos de personal causados por la continuación o falta de medidas de control.

Los indicadores de control pueden ser útiles en combinación, ya que sirven para mostrar tendencias de desempeño relacionadas con el presupuesto seleccionado y brindan información muy pobre en un formato unificado. Los indicadores de control están catalogados en:

1.2.15.1. Indicadores de carga de trabajo

Estos brindan toda la información relacionada con las operaciones de mantenimiento planificadas del departamento, representadas por las rutinas y órdenes de trabajo establecidas por el Centro de Control de Planificación. Su denominador común es el tiempo o esfuerzo necesario para certificar cada uno de los documentos anteriores. Se puede colocar un trabajo en cualquiera de los siguientes eventos:

- a) Trabajos programados. Aquí se deben considerar todas las órdenes, independientemente de si están pendientes de asignación, en curso, retrasadas o suspendidas. Esto se debe a que las órdenes que experimenten problemas de ejecución por cualquier motivo deberán reprogramarse con una nueva fecha estimada. Se cree que existe posibilidad de implementación; de lo contrario, se enfrentará al hecho de que el trabajo no planificado se saldrá automáticamente de control.
- b) El trabajo está esperando ser asignado. Se trata de un trabajo que no se puede completar debido a la mano de obra, los materiales, las herramientas o el tiempo de inactividad de los recursos que trabajan en él.
- c) Trabajos en curso. Se tiene en cuenta todo el trabajo necesario para mantenerlo en funcionamiento. Recomendamos dejar dos o tres semanas de reserva de personal para cubrir cualquier fluctuación que resulte en pérdida de personal.

- d) Trabajos rezagados. Se trata de órdenes que se ejecutan más lentamente de lo esperado debido a motivos imprevistos.
- e) Trabajos interrumpidos. Resulta que tuviste que pausar tu trabajo por algún motivo y estabas esperando a que se resolviera el problema antes de poder continuar con el proceso.
- f) Trabajos terminados. Estos son trabajos que se completaron y que esperan ser documentados con éxito con carácter de obligatoriedad.
- g) Trabajos requisitados. Esto incluye el trabajo completado que ya cumplió con los requisitos contables necesarios y está archivado para la recopilación de datos descriptivos y estadísticos.

1.2.15.2. Indicadores de planeación

Estos indicadores permiten evaluar la efectividad de la planificación del trabajo, analizando cómo se interrelacionan las cargas de trabajo y su impacto en los resultados. A través de estos indicadores, se puede identificar si la distribución y asignación de tareas es adecuada, y si las cargas de trabajo se están gestionando de manera eficiente para lograr los objetivos establecidos.

- a) Nivel del cumplimiento de la planeación (%)

$$\frac{\text{Trabajos ejecutados}}{\text{Trabajos programados}} \times 100$$

- b) Eficiencia de la planeación (%)

$$\frac{H \times H \text{ reales}}{H \times H \text{ proyectados}} \times 100$$

1.2.15.3. Indicadores de productividad

Estos indicadores ofrecen la oportunidad de evaluar el aprovechamiento de los recursos de la empresa, permitiendo medir la eficiencia con la que se utilizan los recursos disponibles, como el tiempo, el personal y los materiales. Al monitorear estos indicadores, se pueden identificar áreas de mejora y optimizar el uso de los recursos para maximizar la productividad y reducir costos innecesarios.

a) Eficiencia en el trabajo

$$\frac{H \times H \text{ trabajadas} - H \times H \text{ retrabajos}}{H \times H \text{ trabajadas}} \times 100$$

b) Nivel de disponibilidad de equipos

$$\frac{\text{Equipos programados} - \text{Equipos con paro}}{\text{Equipos programados}} \times 100$$

c) Nivel de conservación

$$\frac{\text{Trabajos de conservación contingente}}{\text{Trabajos de conservación programada}} \times 100$$

1.2.15.4. Indicadores de costos

Estos indicadores proporcionan información sobre la relación entre los costos de conservación y otros tipos de costos que se deseen comparar. Al analizar esta relación, es posible evaluar si los gastos asociados con el mantenimiento o la conservación de los activos están justificados en función de los costos generales de operación o inversión, y si es necesario ajustar las estrategias para lograr un balance más eficiente entre conservación y otros gastos operativos.

a) Nivel de calidad de instalaciones

$$\frac{\text{Costo de conservación}}{\text{Valor de las instalaciones}} \times 100$$

b) Indicador de reposición de equipos

$$\frac{\text{Costo de conservación}}{\text{Costo de reposición}} \times 100$$

c) Nivel de costos de conservación

$$\frac{\text{Costo de conservación} - \text{Costo de paro}}{\text{Costo de conservación}} \times 100$$

d) Nivel de costos de conservación por H x H

$$\frac{\text{Costo de nómina de conservación}}{\text{Costo de nómina de la empresa}} \times 100$$

e) Cumplimiento de presupuesto

$$\frac{\text{Costo real de la conservación}}{\text{Costo de nómina presupuestado de la empresa}} \times 100$$

1.2.16. Motor Eléctrico

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, permitiendo el funcionamiento de máquinas. Este proceso se realiza mediante la interacción de campos magnéticos generados por las bobinas, que son pequeños cilindros de hilo conductor aislado. Los motores eléctricos son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, como trenes y maquinaria para procesos mineros. Muchos de estos motores tienen tamaños estandarizados, lo que facilita su selección según la potencia necesaria para el dispositivo en el que se vayan a instalar.



Figura 4. Motor en baja tensión (11)

En la figura 4 se presenta un motor monofásico de arranque con capacitor, instalado sobre una base elástica. Este equipo posee las siguientes especificaciones técnicas: 1/3 HP, 17525 RPM, 230 V y 60 Hz, con una corriente nominal de 3 A y una corriente en vacío de 2.6 A. Además, registra un momento de torsión con el rotor bloqueado de 3.6 pu, un peso total de 10 kg, longitud de eje de 278 mm y una altura total de 232 mm.

1.2.16.1. Estator

El estator constituye el elemento fijo de una máquina rotativa y, junto con el rotor, conforma los dos componentes principales en la conversión electromecánica de energía. En los motores eléctricos, su función es producir un campo magnético que induce el movimiento del rotor; en cambio, en los generadores eléctricos, transforma dicho campo magnético en energía eléctrica a partir del movimiento giratorio.

1.2.16.2. Rotor

El rotor es el componente móvil de una máquina eléctrica, ya sea un motor o un generador. Junto con su contraparte fija, el estator, forma el conjunto esencial para la transmisión de potencia en estos dispositivos. El rotor está compuesto por un eje que soporta

un conjunto de bobinas enrolladas sobre un núcleo magnético, el cual gira dentro de un campo magnético generado por un imán o por el paso de corriente a través de otro conjunto de bobinas, que permanecen fijas y forman el estator. Este conjunto es fundamental tanto en motores de corriente continua como alterna. En la figura 8, se pueden observar las principales partes del motor eléctrico de jaula de ardilla, un tipo común de motor de inducción



Figura 5. Vista despiezada del motor de jaula de ardilla (11)

1.2.17. Pruebas eléctricas en el proceso de mantenimiento preventivo

Las pruebas eléctricas son un componente esencial del proceso de mantenimiento preventivo en instalaciones industriales y comerciales. Estas pruebas ayudan a identificar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas costosas, garantizando así un funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas eléctricos. Durante las inspecciones, se llevan a cabo la absorción dieléctrica, el índice de polarización y desbalance resistivo del motor, principalmente.

Estas evaluaciones no solo aseguran que los equipos funcionen dentro de sus parámetros de diseño, sino que también protegen a los trabajadores de posibles riesgos eléctricos, como cortocircuitos o sobrecalentamientos.

La implementación de un programa de pruebas eléctricas dentro del mantenimiento preventivo contribuye significativamente a la reducción de tiempos de inactividad y mejora la vida útil de los equipos. Los resultados de estas pruebas permiten a los técnicos realizar ajustes y reparaciones de manera oportuna, lo que ayuda a prevenir interrupciones no planificadas en la producción. Además, la documentación y el análisis de las pruebas eléctricas brindan información valiosa para la planificación futura de mantenimiento, facilitando la toma de decisiones informadas sobre inversiones en infraestructura eléctrica.

1.2.17.1. Prueba de absorción dieléctrica

La prueba de absorción dieléctrica, o «DAR», se describe en la norma IEEE 43-2013, que establece el procedimiento recomendado para medir la resistencia de aislamiento en bobinados de máquinas rotativas de más de 750 W (1 HP), utilizando corriente continua. Esta prueba se aplica a diversas máquinas, como síncronas, de inducción, de corriente continua (CC) y condensadores síncronos. Es importante resaltar que este estándar no cubre transformadores, para los cuales existen normas específicas.

A pesar de que la mayoría de las aplicaciones de máquinas eléctricas actuales se basan en corriente alterna (CA) a 50 Hz o 60 Hz, los ensayos de aislamiento se realizan principalmente con corriente continua, ya que los ensayos en CC son los más comunes y prevalecen sobre los realizados en CA.

La prueba de absorción dieléctrica, también conocida como prueba de resistencia temporal, es una extensión de la prueba convencional de resistencia de aislamiento. En lugar de realizar una medición puntual, en este ensayo el dispositivo de prueba se aplica al aislamiento durante un período de hasta 10 minutos, lo que permite obtener una evaluación más precisa de la calidad del aislamiento a lo largo del tiempo.

El resultado aceptable de esta prueba como mínimo es de 100 MΩ de aislamiento y la corriente de fuga el cual se registra en el protocolo de pruebas, además se toma en cuenta lo mencionado en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Tolerancia de la resistencia de aislamiento

Valor de resistencia de aislamiento	Evaluación del aislamiento
2MΩ o menor	Insatisfactorio
< 50MΩ	Peligroso
50...100MΩ	Regular
100...500MΩ	Bueno
500...1000MΩ	Muy bueno
>1000MΩ	Excelente

Fuente: IEEE 43-2013 (12)

Tabla 3. Tolerancia de absorción dieléctrica

Condición del aislamiento	Proporción de la Absorción Dieléctrica
Peligrosa	< 1
Cuestionable	1.0 - 1.4
Buena	1.4 - 1.6
Excelente	> 1.6

Fuente: IEEE 43-2013 (12)

1.2.17.2. Índice de polarización

En un ensayo de absorción dieléctrica se obtiene el Índice de Polarización (IP) como la relación entre la resistencia de aislamiento (R_a) medida a los 10 minutos y la medida al minuto de aplicar la tensión continua. Para realizar esta prueba el técnico electricista utiliza el megóhmetro Megger, conecta las puntas de prueba en los terminales del cable de la bobina del motor, colocando el selector del megóhmetro en IP y a 500 V, iniciando con el botón TEST del equipo, mientras se realiza la prueba ningún personal debe intervenir en el motor.

Tabla 4. Tolerancia del índice de polarización

Índice de polarización	Evaluación del aislamiento
1 ou menor	Insatisfatório
< 1,5	Peligroso
1,5 a 2,0	Regular
2,0 a 3,0	Bueno
3,0 a 4,0	Muy bueno
> 4,0	Excelente

Fuente: IEEE 43-2013 (12)

1.2.18. Herramientas de ingeniería industrial para analizar problemas

1.2.18.1. Diagrama espina de pescado

El diagrama de causa y efecto, también denominado diagrama de Ishikawa o espina de pescado, es una herramienta visual que permite identificar y clasificar las posibles causas de un problema. Su estructura, similar al esqueleto de un pez, fue desarrollada por Kaoru Ishikawa en Japón. Este método facilita distinguir entre causas y efectos, orientando el análisis hacia el origen del problema y no solo hacia sus síntomas. Para elaborarlo, se coloca el problema en la «cabeza» del diagrama, y las causas potenciales se organizan en ramas principales a lo largo de una línea horizontal, bajo categorías como personas, políticas, procedimientos, equipos o entorno, las cuales pueden ajustarse según la situación (13).

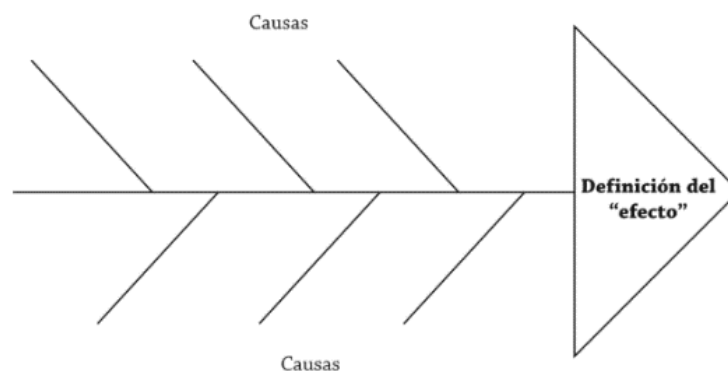


Figura 6. Modelo diagrama espina de pescado (13)

1.2.18.2. Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que combina un histograma con una curva de porcentaje acumulado. Las barras reflejan distintas categorías de datos, organizadas de mayor a menor en función de su frecuencia o relevancia, mientras que la línea ascendente indica el porcentaje acumulado que cada categoría aporta al total, lo que permite identificar los factores más influyentes en un problema. Tal como se aprecia en la figura 7, en el eje horizontal se ubican las causas relacionadas con el problema, y las barras se disponen de izquierda a derecha según su frecuencia. El gráfico incorpora dos ejes verticales: el izquierdo representa la frecuencia de cada causa, y el derecho muestra el porcentaje acumulado correspondiente (14).

Es una herramienta para clasificar problemas, identificarlos, y resolverlos; Esta herramienta permite establecer una jerarquía de las causas que originan un determinado efecto, de modo que se revela cuáles son las causas más relevantes detrás de un problema.

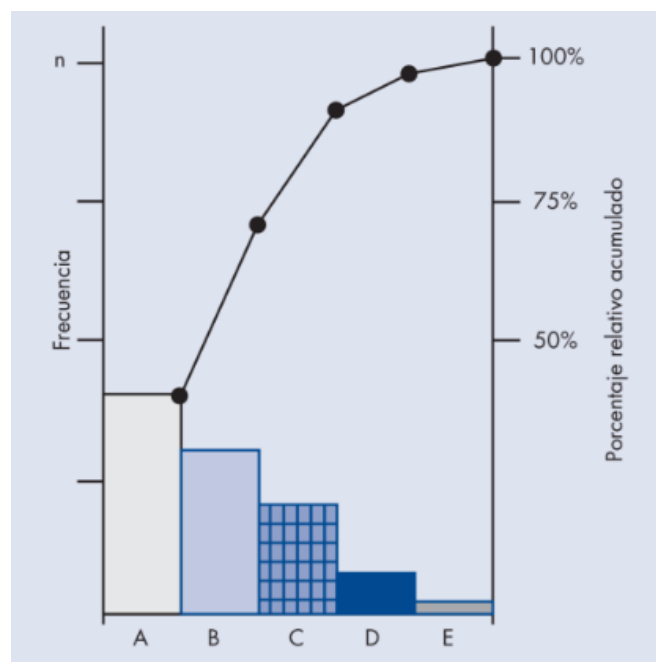


Figura 7. Modelo gráfico de Pareto (14)

1.2.18.3. Gráficas de control

Las gráficas de control constituyen herramientas estadísticas empleadas para monitorear la evolución de una variable de calidad a lo largo del tiempo. Resultan especialmente útiles para evaluar si un proceso, en función de una característica de calidad específica, se mantiene dentro de parámetros de control estadístico.

La determinación de si un proceso está bajo control exige definir previamente las tolerancias o límites de especificación que deben cumplirse, los cuales dependen en gran medida del diseño y de la complejidad del proceso. Cuando la variable analizada se encuentra dentro de dichos límites, se considera que el proceso está bajo control; en caso contrario, se clasifica como fuera de control. Así, si un dato se sitúa entre la línea de control superior (LCS) y la línea de control inferior (LCI), la característica evaluada se mantiene bajo control. En cambio, si excede estos márgenes, el proceso se considera fuera de control. Asimismo, cuanto más próximo se ubique el valor al límite de control central (LCC), menor será la variabilidad del proceso (14).

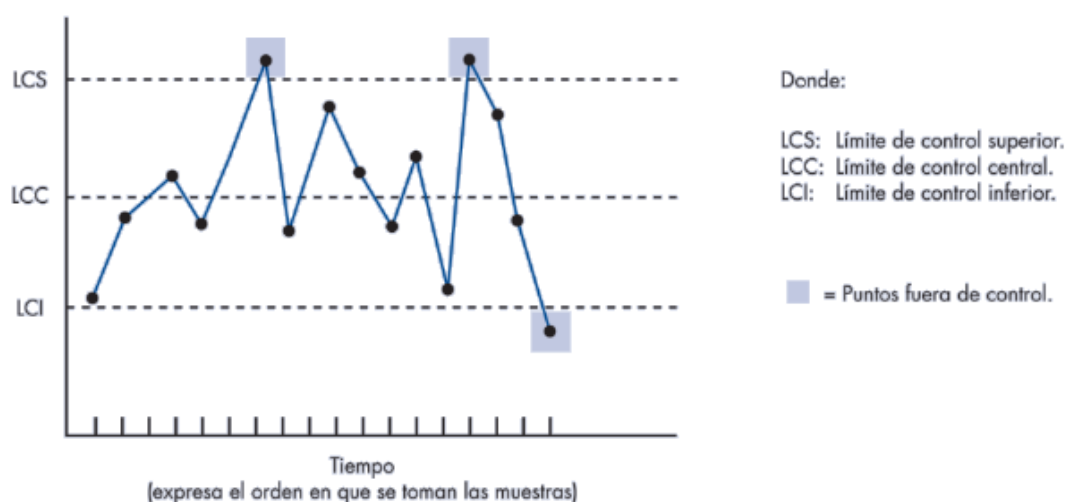


Figura 8. Modelo gráfico de control (14)

1.2.18.4. Mapa de procesos

Un mapa de macroprocesos es una representación gráfica de los macroprocesos de una organización. Sirve para definir y visualizar las relaciones entre los macroprocesos, y para optimizar la gestión institucional (15).

El mapa de procesos es una herramienta gráfica empleada para planificar y visualizar los flujos de trabajo dentro de una organización. También denominado diagrama de flujo, de procesos o de trabajo, permite representar de manera estructurada la secuencia de actividades, las interacciones entre áreas y la relación entre los distintos procesos de gestión. Su propósito principal es clarificar la estructura organizacional y facilitar la identificación de oportunidades de mejora en la eficiencia y eficacia de los procesos.

Con el fin de simplificar el mapa y obtener una visión de conjunto del sistema de gestión de la organización, resulta de gran utilidad realizar agrupaciones de varios procesos (macroprocesos) en función del tipo de actividad e importancia para satisfacer a cliente final.

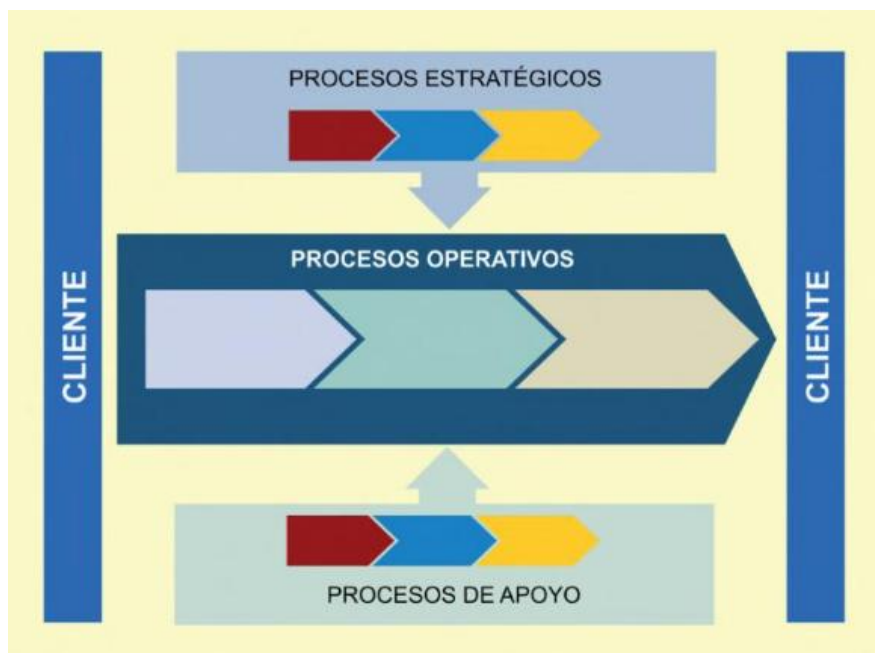


Figura 9. Modelo de mapa de procesos (15)

Los procesos que identifican en la organización se clasifican en:

- **Procesos estratégicos**, son los que están relacionados con la dirección, se refieren a la política, estrategia, planes de mejora, etc. que consiguen armonizar los procesos operativos con los de apoyo.
- **Procesos operativos**, procesos implicados directamente con la realización del producto y/o la prestación del servicio, van desde el pedido de un producto hasta la entrega y facturación.
- **Procesos de apoyo**, procesos que dan apoyo a los procesos operativos aportando los recursos necesarios, son procesos en los que el cliente es interno.

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Criticidad

Proceso o condición de crítico, asociado con seguridad, ambiente, producción, mantenimiento.

1.3.2. Curva S

Gráfico que ilustra el avance del proyecto en términos de costos, tiempo, o cantidad de trabajo realizado frente a los valores planificados.

1.3.3. Motor

Máquina eléctrica capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

1.3.4. Mantenimiento

Actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de un equipo o empresa de que esté en condiciones para operar de forma satisfactoria.

1.3.5. Mantenimiento preventivo

Actividad planificada que se realiza con el propósito de reducir la probabilidad de que se produzcan fallos en los equipos.

1.3.6. Mantenimiento correctivo

Actividad que se realiza un equipo una vez que ocurra una falla funcional o que se hace evidente que va a ocurrir una avería mayor.

1.3.7. Parada de planta

Proceso en el que se detiene temporalmente una parte o toda la producción de una instalación industrial o fábrica.

1.3.8. Unidad minera

Unidad económica que se dedica a algún tipo de actividad minera como extracción, explotación y/o beneficio de minerales metálicos o no metálicos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Método y alcance para el desarrollo del Informe de Suficiencia Profesional.

La metodología utilizada en el desarrollo del presente informe se basa en el análisis de criticidad, que permite dar prioridad o atención a los procesos claves dentro de una cadena de acciones (6), si bien dentro de las funciones del autor se tuvo a cargo todo el proceso de mantenimiento en las paradas mayores, se ha procurado para este informe solo detallar el Mantenimiento Correctivo y Preventivo en Motores de Baja Tensión.

2.2. Objetivos generales y específicos

2.2.1. Objetivo general

El objetivo general del presente informe es proponer el análisis de criticidad para mejorar la gestión del mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A.

2.2.2. Objetivos específicos

- Proponer el análisis de criticidad para disminuir los tiempos del mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A.
- Proponer el análisis de criticidad para disminuir los costos del mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A.

2.3. Diseño del estudio

El estudio tuvo un diseño experimental, se implementó el software gestión RBM, en el proceso de planificación, dirección, control y evaluación de un mantenimiento en parada mayor en la minera Chinalco.

2.4. Población y muestra

La población estuvo compuesta por la totalidad de procesos de mantenimiento que ofrece la empresa Mainin SRL a la minera Chinalco en parada mayor, siendo en total 38 procesos de mantenimiento con sus respectivas actividades específicas.

La muestra estuvo compuesta por dos procesos denominados mantenimiento preventivo en motores de baja tensión que incluye 17 actividades y mantenimiento correctivo en motores de baja tensión que incluye 10 actividades específicas.

La muestra fue seleccionada utilizando el muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que son los procesos que tienen más actividades y más equipos por área.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos empleadas fueron la observación y la revisión documental:

- Observación: Para obtener datos de las diferentes características de los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo, se aplicó la técnica de la observación que consiste en observación directa, registro de los datos y análisis de hechos y fenómenos
- Análisis documental: Para encontrar la información necesaria de los equipos, máquinas y procedimientos que se utilizan en todo el proceso productivo se aplicó la técnica de análisis documental que consiste en interpretar y sistematizar la información obtenida de documentos escritos.

Los instrumentos utilizados fueron:

Ficha de registro: este documento fue diseñado para recolectar los datos de los costos y tiempos de las actividades que comprende el proceso de mantenimiento en parada mayor.

Ms-Excel: software que permite crear, editar hojas cálculo y elaborar gráficos estadísticos con precisión, fue utilizado para elaborar el aplicativo de análisis de criticidad.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1. Datos generales

Razón Social: Mantenimiento e Ingeniería Industrial S. R. L.

Nombre Comercial: Mainin S. R. L.

Número de RUC: 20529648147

Dirección Legal: cal. Mateo Alonzo 155, fundo La Calera de la Merced, San Borja, Lima.

E-mail: mainin@mainin.com.pe

Sitio web: <http://mainin.com.pe>

3.2. Actividades principales

Mantenimiento e Ingeniería Industrial S. R. L. (Mainin) cuenta con contratos en las unidades mineras como Chinalco, Marcobre, Antapacay, La Zanja, Coimolache y la planta procesadora industrial Río Seco, las actividades principales son las de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos eléctricos e instrumentos, las actividades de mantenimiento de motores eléctricos de baja y media tensión, variadores de frecuencia de baja y media tensión, tableros de control, tableros de distribución, centro de control de motores (CCM), arrancadores Soft Starter, instrumentos de presión, temperatura, caudal nivel, pH, densidad, instrumentos de posición, pull cord, electroválvulas, contraste y calibración de instrumentos, son algunos que se pueden mencionar; Mainin también desarrolla actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos mecánicos en planta concentradora y planta de óxidos, procesos que son conocidos como flotación y lixiviación respectivamente, el mantenimiento de equipos mecánicos pertenecen a las áreas de chancado primario, chancado secundario, chancado terciario, molienda, flotación, espesadores, filtros, zarandas, bateas y electrodeposición. Mainin

también da mantenibilidad a equipos electromecánicos mayores y auxiliares dentro del área de Truck Shop perteneciente al área de mantenimiento mina.

A) Mantenimiento mecánico.

Ofrecemos asistencia especializada no solo para el recambio de fajas transportadoras, rodillos, raspadores (primarios, secundarios y terciarios), biplows y linatex laterales, sino también un paquete completo de mantenimiento: preventivo y correctivo para bombas Warman, alineación precisa de motorreductores y ajuste de GAP. A esto se suma inspección y reparación de válvulas y el desmontaje del bypass de bomba para labores de mantenimiento y detección de fallos de relaves para mantenimiento preventivo y detección de fallas e instalación, mantenimiento preventivo y correctivos a bombas verticales.

B) Mantenimiento eléctrico

- Se proporciona mantenimiento integral para los instrumentos de las fajas transportadoras, arrancadores y motores tanto de baja como de media tensión.
- Se ejecutan proyectos eléctricos completos, así como aquellos que requieren integración de instrumentación.
- Se realizan labores de mantenimiento en tableros eléctricos y en los cubículos de las salas eléctricas.

C) Desarrollo de proyectos electromecánicos

Incluye montaje eléctrico, mecánico y mantenimiento de chancadoras cónicas.

D) Desarrollo de proyectos civiles

Incluye instalación de tuberías de 20", 16" y otros diámetros, así como montaje de instrumentación.

E) Fabricación, montaje y desmontaje de naves industriales

Fabricación, montaje y desmontaje de naves industriales.

3.3. Reseña histórica

La empresa Mantenimiento e Ingeniería Industrial S. R. L. (Mainin) inició operaciones el 7 de enero de 2012 en Cajamarca, ofreciendo inicialmente servicios a mineras locales. Gracias a su rápido crecimiento, expandió sus operaciones hacia distintas ciudades del país, consolidando su sede principal en Lima. Mainin destaca por contar con personal altamente calificado y proveedores exclusivos, lo que le ha permitido participar en proyectos mineros de

gran relevancia como Chinalco, Marcobre, Antapacay, La Zanja, Coimolache y la planta procesadora industrial Río Seco.

Es una compañía peruana de vanguardia especializada en mantenimiento eléctrico y mecánico, además de la ejecución de proyectos civiles, dirigida a los sectores minería, industria y construcción. Su gestión abarca desde la planificación hasta el control, con un firme compromiso hacia la generación de valor para clientes, empleados, comunidades y el medio ambiente.

El respaldo de su Sistema Integrado de Gestión (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018) garantiza la calidad de sus servicios y refuerza su posición en los proyectos más importantes del país, bajo estrictos estándares de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social.

3.4. Estructura Organizativa de la Institución o Empresa

3.4.1. Organigrama

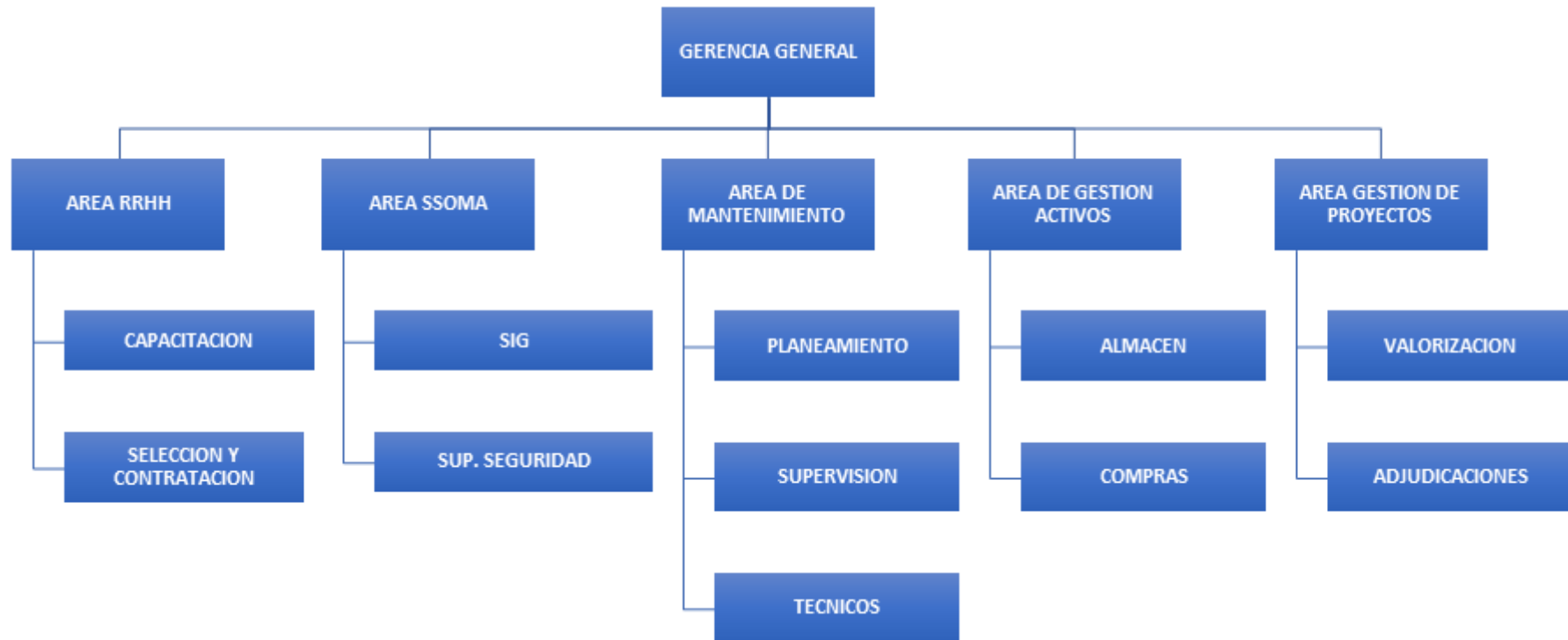


Figura 10. Organigrama de la empresa

3.4.2. Tipo de estructura

El tipo de estructura de la empresa es lineal, se basa en la jerarquía con una estructura rígida con responsabilidades bien definidas y sencilla de entender. El rango de control es bastante estrecho con una alta centralización, depende de una persona; en este tipo de organización se tiene velocidad en la toma de decisiones, asimismo, es flexible, con contabilidad clara y de bajo costo de mantenimiento.

3.4.3. Elementos del diseño organizacional que conforman la empresa

La estructura organizacional de la empresa Mainin SRL incluye una gerencia general y cinco áreas que incluyen el área de Recursos Humanos, área SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente), área de Mantenimiento, área de Gestión de activos y área de Gestión de Proyectos; el área de Mantenimiento a su vez está constituido por las subáreas de Planeamiento, Supervisión y Técnicos.

3.4.4. Perfil y funciones de los puestos de la empresa

La empresa cuenta con puestos para profesionales de diferentes carreras a nivel de ingeniería, también profesionales en la parte administrativa y de salud:

3.4.4.1. Jefe de Recursos Humanos

Descripción: Planificar, organizar, dirigir, controlar y evaluar las actividades concernientes a la Gestión de los recursos humanos, de acuerdo con los procedimientos, políticas, normativas y objetivos estratégicos que rigen a la institución con el fin de proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo de personal.

Formación académica: Profesional titulado en Administración, Ingeniería Industrial, Relaciones Industriales, Psicología o carreras afines

Funciones:

- a) Gestionar los procesos de selección e incorporación de personal.
- b) Planificar, coordinar, ejecutar y supervisar los programas de formación, entrenamiento y desarrollo.
- c) Controlar los costos y presupuestos del área de Administración de Personal.
- d) Diseñar, implementar y evaluar los programas de reclutamiento, selección y contratación de personal.
- e) Supervisar, junto con el equipo a cargo, los procesos de descripción de puestos, elaboración de planillas, desvinculación y bienestar social.

- f) Dirigir el área de Administración de Personal mediante la elaboración, ejecución y control de políticas y procedimientos que contribuyan al logro de los objetivos organizacionales.
- g) Administrar y supervisar la aplicación de políticas de selección, reclutamiento, compensaciones, bienestar social, evaluación de desempeño, capacitación y formación.
- h) Garantizar el pago puntual de remuneraciones, gratificaciones, bonificaciones, aportes, retenciones e impuestos.
- i) Verificar la correcta elaboración de planillas de remuneraciones, gratificaciones, bonificaciones, AFP, EsSalud, EPS, Sunat y liquidaciones de beneficios sociales.
- j) Impulsar el desarrollo del personal mediante la actualización de perfiles y descripciones de puestos, así como el perfeccionamiento de indicadores de gestión en recursos humanos.
- k) Diseñar e implementar programas que promuevan la línea de carrera, asegurando la promoción interna mediante la evaluación de perfiles.
- l) Analizar las faltas disciplinarias de los trabajadores y recomendar las sanciones administrativas correspondientes de acuerdo con la normativa interna, laboral, civil y penal vigente.
- m) Promover un adecuado clima laboral que fomente compromiso, motivación e integración, asegurando además condiciones de trabajo seguras y saludables.
- n) Proponer y controlar la ejecución del cronograma anual de vacaciones.
- o) Elaborar el plan anual del área y presentar informes de avance con indicadores de gestión a la Gerencia.
- p) Difundir y garantizar el cumplimiento de las políticas de seguridad, salud y medio ambiente de Chinalco.
- q) Atender inspecciones o fiscalizaciones del Ministerio de Trabajo y de las AFP, cuando corresponda.

3.4.4.2. Jefe de SSOMA

Descripción: Controlar y verificar el cumplimiento de las disposiciones del Reglamento de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (Decreto Supremo 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, con los artículos modificados por el Decreto Supremo N.º 023-2017-EM) y del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional implementado en las actividades que corresponda, a fin de Asegurar que las acciones de prevención de incidentes se realicen de manera efectiva y con el uso óptimo de recursos. Asegurar que las acciones de prevención de incidentes se realicen de manera efectiva y con el uso óptimo de recursos, enfermedades y daños al medio ambiente.

Formación académica: Profesional titulado en ingeniería de minas, geológica, química, metalúrgica, higiene y seguridad, seguridad industrial y minera.

Funciones:

- a) Garantizar la aplicación y cumplimiento de las normativas legales vigentes en materia de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, así como mantener actualizados los requisitos legales y demás compromisos asumidos por la organización.
- b) Supervisar la implementación y uso de estándares de diseño, procedimientos de trabajo seguro (PETS), estándares de tareas y prácticas mineras, asegurando la observancia de los reglamentos internos y del marco normativo en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- c) Planificar, dirigir, ejecutar y controlar la puesta en marcha del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional, en coordinación con los responsables de cada área.
- d) Monitorear el cumplimiento del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.
- e) Suspender cualquier actividad u operación que represente un riesgo inminente o condiciones subestándar que pongan en peligro la integridad del personal, equipos, instalaciones o maquinarias, hasta que dichas condiciones sean corregidas.
- f) Participar en la definición de especificaciones técnicas de maquinarias y equipos a adquirir, garantizando que cumplan con los requisitos de Seguridad y Salud Ocupacional.
- g) Velar por la observancia del artículo 57 del Reglamento de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, que establece la gestión y ejecución del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.
- h) Mantener acceso a información técnica actualizada sobre control de riesgos y realizar consultas a las autoridades competentes con el fin de fortalecer una gestión eficiente.
- i) Gestionar y analizar la información vinculada a Seguridad y Salud Ocupacional, incluyendo estadísticas de incidentes, accidentes y enfermedades ocupacionales, para identificar causas y establecer medidas correctivas o preventivas.
- j) Comunicar mensualmente a toda la organización los resultados alcanzados en la administración del Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional.
- k) Brindar asesoría a jefaturas y supervisores en la implementación de programas de capacitación, gestión preventiva y prácticas operativas seguras.
- l) Revisar los registros de enfermedades ocupacionales, así como los exámenes médicos por vacaciones, reingreso o retiro de trabajadores, utilizando la clasificación establecida por la Resolución Ministerial N.º 480-2008-Minsa y sus modificatorias.
- m) Coordinar y gestionar auditorías periódicas al Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional, además de participar en inspecciones y auditorías internas para garantizar

el cumplimiento normativo y del Programa Anual. Asimismo, asesorar en la investigación de incidentes, accidentes y enfermedades ocupacionales, proponiendo medidas preventivas.

3.4.4.3. Jefe de Mantenimiento

Descripción: Planificar, organizar y supervisar la gestión del mantenimiento de los activos de la Planta Concentradora, garantizando su disponibilidad y operatividad, en concordancia con los estándares y procedimientos de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad.

Formación académica: Profesional titulado de Ingeniería Mecánica, Industrial o a fines.

Funciones:

- a) Promover y desarrollar conductas seguras, prácticas laborales seguras y ambiente laboral seguro.
- b) Asegurar que los estándares de fabricación de los equipos sean mantenidos.
- c) Dirigir el cumplimiento de los procedimientos de seguridad previos y durante las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo programado y reactivo, ejecutadas por el personal de mantenimiento mecánico.
- d) Generar los reportes e informes, diarios, semanal y mensual de las actividades de mantenimiento mecánico del área.
- e) Participar en la generación de los planes de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, en coordinación con las demás áreas.
- f) Gestionar y controlar la utilización de recursos, planificando la adquisición, reparación y mantenimiento de activos.
- g) Monitorear el mantenimiento de los equipos, generando mecanismos de control del área.
- h) Realizar inspecciones de seguridad en forma proactiva cuando lo considere necesario.
- i) Atender oportunamente la necesidad del cliente y negociar servicios que las operaciones necesitan en beneficio de la empresa.
- j) En conjunto con el Jefe de Administración de Personal, coordinar actividades de entrenamiento con el departamento de capacitación.
- k) Monitorear proactivamente que el plan de mantención se encuentre alineado con los objetivos estratégicos de operaciones mina y planta.
- l) Controlar que las actividades planificadas sean desarrolladas en la frecuencia y tiempos adecuados según cronograma.

- m) Identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y eficacia de las actividades relacionadas con el mantenimiento.
- n) Proponer usos de repuestos alternativos que pudieran resultar en ahorros de costo o tiempo de reemplazo.
- o) Fiscalizar la calidad en el desarrollo de las actividades programadas de mantenimiento.
- p) Proponer cambios de estrategia o mejoramiento a las actividades de mantenimiento.
- q) Conocer y aplicar el reglamento interno de Seguridad y Salud Ocupacional.

Específicamente en el área de mantenimiento que es el área donde se desarrolla el presente informe de experiencia profesional, se tienen los siguientes puestos:

3.4.4.4. Supervisor de planeamiento

Descripción: Gestionar todos los recursos necesarios para la ejecución de contratos/servicios, Paradas de Planta, según requerimiento del cliente en la unidad minera asignada; planificar fuerza laboral, determinar recursos, distribución y reporte de actividades, ejecución, valorizaciones y cierres.

Formación académica: Bachiller o titulado en Ing. Mecánica, Eléctrica, Industrial, ramas afines.

Funciones:

- a) Recibir la adjudicación del contrato o servicio por parte de PMO.
- b) Elaborar organigramas generales y específicos, matriz de comunicaciones independientemente por contrato/servicio o PDP y difundir a todas las áreas involucradas.
- c) Coordinar reuniones de inicio con el área PMO, RR. HH., Logística, Gestión de activos, movilidades, almacén y SSOMA, sobre la implementación de cronograma, delegación de funciones y establecer fechas de entrega durante el pre - inicio, movilización de personal, inicio, ejecución, desmovilización de personal y cierre.
- d) Programar reuniones de seguimiento diario, Inter diarias y semanales según la necesidad que involucre el contrato/ servicio o PDP.
- e) Coordinar y determinar con el cliente el alcance y la magnitud de las actividades a ejecutar, dimensionamiento de recursos requeridos del contrato/ servicio o PDP asignado.
- f) Gestionar y organizar la disponibilidad física de todos los recursos materiales y humanos necesarios para la ejecución del contrato/servicio o PDP, según los

requerimientos de los contratos adjudicados. La coordinación y cuantificación de recursos será en coordinación con el administrador del servicio asignado por PMO.

- g) Elaborar cronogramas de inicio de servicio y hacer requerimientos y seguimientos a la movilización y entrega de recursos como, equipos, materiales, herramientas, vehículos y personal para el inicio del servicio.
- h) Elaborar el programa diario/ semanal de trabajos, Manpower, plan de actividades, en el que se considerará personal designado a cada tarea, duración estimada de la tarea, cantidad de recursos a utilizarse, coordinaciones directas con el cliente para facilidades durante la ejecución del contrato/ servicio o PDP.
- i) Distribuir el personal según actividades asignadas junto al residente o responsable de los trabajos del contrato/servicio o PDP.
- j) Monitorear el avance de documentos de seguridad, elaboración de protocolos o entregables solicitados por el cliente.
- k) Realizar el seguimiento a la entrega de equipos, materiales, herramientas EPP de uso básicos y específicos solicitados a Gestión de activos y Logística.
- l) Dar soporte al residente/ coordinador en la elaboración de reportes de avance o comunicación con el cliente de manera diaria, Inter diarias, semanal o mensual según solicitud del cliente.
- m) Realizar el reporte de las desviaciones de forma inmediata de manera formal. Los informes finales por servicio serán enviados al cliente 5 días después de finalizar el servicio.
- n) Llevar el control de tareas en campo para valorización de personal, equipos y herramientas los cuales serán enviados posterior a los 4 días de desmovilización del personal parcial o total.
- o) Promover relaciones basadas en valores de acuerdo con la cultura organizacional con Planificadores, Supervisores y con la Jefatura de Planeamiento, Residencia y RR.HH.
- p) Otras funciones inherentes a su cargo, que se le asigne la gerencia y aquellas que por iniciativa propia conlleven a mejorar la eficiencia de la empresa.

3.4.4.5. Supervisor de Mantenimiento

Descripción: Planear, dirigir y supervisar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en las áreas de Electricidad e Instrumentación, distribuyendo y supervisando los trabajos de los equipos técnicos electricistas e instrumentistas, a fin de garantizar la calidad de los procesos a desarrollar, así como las instalaciones físicas y mobiliarias estén en óptimas condiciones.

Formación académica: Profesional Titulado en Ingeniería Electrónica, Eléctrica, Ingeniería Mecatrónica o afines (Colegiado de Preferencia).

Funciones:

- Elaborar y ejecutar la programación de mantenimiento de equipos eléctricos e instrumentación, incluyendo informes técnicos y toma de decisiones.
- Ejecutar y controlar las actividades de mantenimiento eléctrico en la planta concentradora, garantizando disponibilidad y operatividad, bajo estándares de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad.
- Supervisar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad antes y durante los mantenimientos preventivos, correctivos y reactivos.
- Verificar la correcta aplicación de los procedimientos de mantenimiento, asegurando calidad y cumplimiento de los tiempos programados.
- Detectar fallas eléctricas en sistemas, equipos, máquinas y herramientas.
- Elaborar informes técnicos sobre fallas detectadas, acciones correctivas y controles implementados.
- Ejecutar mantenimientos eléctricos de alta complejidad.
- Brindar orientación técnica y apoyo conductual al personal bajo su cargo.
- Diseñar planes de mantenimiento correctivo en base a fallas reportadas.
- Participar en reuniones de planificación de actividades de mantenimiento para garantizar la continuidad operativa.
- Colaborar con el Jefe General de Mantenimiento en la atención de necesidades eléctricas e instrumentación.
- Velar por el cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y reglamentos internos.
- Ejecutar, junto con su equipo, mantenimientos preventivos de equipos eléctricos.
- Proporcionar información al Jefe General de Mantenimiento para el diseño y seguimiento de planes preventivos.
- Gestionar el inventario de herramientas, repuestos y otros insumos asignados al área.
- Garantizar condiciones óptimas de seguridad y salud para el personal bajo su responsabilidad.
- Mantener orden y limpieza en las áreas de trabajo.
- Verificar la aplicación de la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPERC) en cada labor.
- Asegurar que los trabajadores conozcan y cumplan procedimientos de trabajo seguro, utilizando el EPP adecuado.
- Informar oportunamente sobre los riesgos existentes en el área de trabajo.

- Investigar situaciones reportadas como peligrosas por el personal o el Comité de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Controlar el uso de guardas de protección en máquinas y equipos.
- Actuar de manera inmediata frente a condiciones de riesgo reportadas.
- Asumir responsabilidad por la seguridad propia y del personal a cargo.
- Difundir diariamente charlas de seguridad y verificar la comprensión de los colaboradores.
- Proveer y supervisar el uso correcto de equipos de protección personal (EPP).
- Vigilar el estricto cumplimiento de los estándares de seguridad establecidos.
- Coordinar primeros auxilios y evacuación en casos de emergencia.
- Asegurar la aplicación de procedimientos de bloqueo y señalización en equipos bajo mantenimiento.
- Ordenar la paralización de operaciones en situaciones de alto riesgo hasta su control o eliminación.
- Garantizar la presencia de un supervisor en labores de alto riesgo, según la evaluación realizada.

3.4.4.6. Técnicos de Mantenimiento en Electricidad T1

Descripción: Realizar mantenciones eléctricas preventivas y correctivas en equipos de planta concentradora y chancadora primaria de Minera Chinalco.

Formación académica: Electricidad Industrial, Electrotecnia en Instituto formal (Mínimo 3 años de estudios)

Funciones:

- a) Ejecutar el mantenimiento, inspección y reparación de los equipos de planta, optimizando el uso de los recursos.
- b) Inspeccionar y mantener en condiciones operativas las herramientas eléctricas portátiles del área
- c) Participar activamente en la Cultura de Ahorro de los procesos de ejecución del mantenimiento de los equipos de planta.
- d) Elaborar la lista de especificaciones técnicas para los repuestos críticos para cada proceso de la planta. Esta lista debe considerar las posibles fallas ocultas del proceso.
- e) Dar soporte técnico y participar en las actividades de mejora o proyectos propios de la gerencia de mantenimiento.
- f) Reportar cualquier tipo de incidente de seguridad o medio ambiental que ocurran en su área de trabajo.

- g) Dar soporte y participar en las auditorias y certificaciones; así como elaborar instructivos de mantenimiento.
- h) Generar solicitudes de repuestos para los trabajos pendientes (Backlogs)
- i) Asistir a los cursos técnicos, de seguridad, medio ambiente que MCP programe de acuerdo con el Plan de Entrenamiento.
- j) Completar las Órdenes de Trabajo con el detalle requerido y la calidad de información respectiva, que permita tener un historial de los equipos de planta para la toma de decisiones.
- k) Reportar cualquier tipo de incidente de seguridad o medio ambiental que ocurran en su área de trabajo.
- l) Control, ajuste y mantenimiento de equipamientos eléctricos tales como variadores de velocidad, relés de protección, medidores de energía, centro de control de motores, generadores diésel, motores eléctricos, equipamiento Vendor, controladores, sistema de puesta a tierra, etc.
- m) Preparar informes de los principales trabajos ejecutados durante la guardia, con el objetivo de realizar un adecuado traslape.
- n) Elaborar sugerencias orientadas a solucionar fallas en los equipos de planta, considerando aspectos técnicos, optimización de costos, de seguridad y medio ambiente.
- o) Capacidad de análisis y solución de fallas en los equipos eléctricos, en el proceso de la planta en el menor tiempo posible.
- p) Formar y entrenar a otros técnicos en el mantenimiento de Equipos Críticos de la Planta donde fue asignado.
- q) Generar reportes de eventos del día y las solicitadas por la jefatura.
- r) Inspeccionar y diagnosticar fallas de los equipos, sistemas eléctricos del proceso utilizando software avanzado.
- s) Realizar la recolección de datos con equipos de diferentes tecnologías predictivas tales como: analizador de vibraciones, cámara termográfica, equipo de ultrasonido.
- t) Asistir al Supervisor inmediato en las funciones que este le delegue.

3.4.4.7. Técnico Mantenimiento Instrumentista

Descripción: Realizar actividades especializadas de mantenimiento preventivo y correctivo a sistemas de instrumentación de la Planta Concentradora – MCP.

Formación académica: Electricista o Instrumentista en Instituto formal.

Funciones:

- a) Ejecutar el mantenimiento, inspección y reparación de los equipos de planta, optimizando el uso de los recursos.
- b) Inspeccionar y mantener en condiciones operativas las herramientas de instrumentación portátiles del área.
- c) Participar activamente en la Cultura de Ahorro de los procesos de ejecución del mantenimiento de los equipos de planta.
- d) Dar soporte técnico y participar en las actividades de mejora o proyectos propios de la gerencia de mantenimiento.
- e) Reportar cualquier tipo de incidente de seguridad o medio ambiental que ocurran en su área de trabajo.
- f) Dar soporte y participar en las auditorias y certificaciones; así como elaborar instructivos de mantenimiento.
- g) Generar solicitudes de repuestos para los trabajos pendientes (Backlogs).
- h) Reportar cualquier tipo de incidente de seguridad o medio ambiental que ocurran en su área de trabajo.
- i) Asistir a los cursos técnicos, de seguridad, medio ambiente que MCP programe de acuerdo con el Plan de Entrenamiento.
- j) Elaborar la lista de especificaciones técnicas para los repuestos críticos para cada proceso de la planta. Esta lista debe considerar las posibles fallas ocultas del proceso.
- k) Completar las Ordenes de Trabajo con el detalle requerido y la calidad de información respectiva, que permita tener un historial de los equipos e instrumentos de planta para la toma de decisiones.
- l) Interpretar y utilizar planos eléctricos y de instrumentación (P&ID y diagramas de lazos de control), que permitan la instalación, montaje y modificación de líneas de instrumentación y control, de instrumentos de medición y control.
- m) Preparar informes de los principales trabajos ejecutados durante la guardia, con el objetivo de realizar un adecuado traslape.
- n) Elaborar sugerencias orientadas a solucionar fallas en los equipos de planta, considerando aspectos técnicos, optimización de costos, de seguridad y medio ambiente.
- o) Capacidad de análisis y solución de fallas en equipos e instrumentos en el proceso de la planta en el menor tiempo posible.
- p) Formar y entrenar a otros técnicos en el mantenimiento de Equipos Críticos de la Planta donde fue asignado.
- q) Generar reportes de eventos del día y las solicitudes por la jefatura.

- r) Inspeccionar y diagnosticar fallas de los equipos, instrumentos del proceso utilizando software avanzado.
- s) Asistir al Supervisor inmediato en las funciones que este le delegue.

3.4.5. Servicios tercerizados

La empresa Mainin S. R. L. no cuenta con servicios tercerizados; es decir, no contrata a una empresa externa para que realice servicios o actividades dentro de la empresa; todas las actividades o labores son realizadas por su propio personal, los cuales son seleccionados por la oficina de recursos humanos mediante una calificación rigurosa de acuerdo con el perfil de los puestos. Esto le permite tener el control total sobre los procesos y la calidad del servicio que brinda; asimismo se evita exponer los datos confidenciales de la empresa a terceros.

3.5. Visión y misión

3.5.1. Visión

Para el 2025, ser la principal empresa peruana en gestión de mantenimiento integral de plantas de gran minería. Diferenciados por nuestro impulso para ofrecer resultados exitosos con calidad y seguridad.

3.5.2. Misión

Somos aliados estratégicos de nuestros clientes para crear un impacto positivo y duradero en sus operaciones, mediante la prestación de servicios de mantenimiento integral de plantas mineras, comisionamiento y construcción de proyectos electromecánicos/civiles. Diferenciados por la calidad de nuestra gente y caracterizados por exceder las expectativas de nuestros clientes.

3.6. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales e indicadores operativos

El área donde se realiza las actividades profesionales es el Área de Mantenimiento que depende de la Gerencia General y cuenta con un Jefe de Planeamiento y Servicio, un especialista en mantenimiento corporativo, planificador senior, residentes de guardia y planificadores líderes.

En esta área se desarrollan actividades de organización, dirección, planificación y también la supervisión de las actividades de mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos que se realizan en las empresas que contratan a Mainin S. R. L.; entre las diferentes tareas que se realizan, se tiene la planificación de molinos, relaves, mantenimiento de motores,

mantenimiento de variadores, flotación, GMD Siemens, casetas split on; adicionalmente se cuenta con residentes de guardia.

3.7. Estructura estratégica

3.7.1. Valores

Seguridad

Mainin desarrolla sus operaciones bajo rigurosos estándares de seguridad, salud ocupacional, responsabilidad social y protección ambiental, con el fin de resguardar tanto el bienestar de sus colaboradores como el equilibrio del entorno donde opera.

Calidad

Para Mainin, la calidad constituye un indicador del desarrollo organizacional. La empresa dispone de un equipo humano certificado y altamente especializado, además de proveedores exclusivos y reconocidos, lo que garantiza herramientas, maquinarias, equipos de seguridad y elementos de protección personal de primera categoría, contribuyendo a la ejecución de trabajos de excelencia.

Experiencia

La empresa cuenta con una sólida trayectoria en mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico y ejecución de proyectos, lo que respalda su capacidad técnica y profesional en el sector.

Costo

Mainin ofrece soluciones diseñadas específicamente para cada cliente, con características y precios adaptados a sus necesidades particulares. Asimismo, asegura la confiabilidad de los equipos mediante un servicio de post mantenimiento especializado.

Formación continua

Consciente de que el recurso humano es su mayor activo, Mainin implementa planes de desarrollo y capacitación individualizados para sus colaboradores, fortaleciendo así la calidad de los servicios que presta.

Innovación

Mainin se mantiene a la vanguardia tecnológica mediante procesos constantes de actualización y modernización, impulsando la mejora continua a través de la implementación de nuevas metodologías y procedimientos.

3.7.2. Análisis FODA

Factores Internos	Factores Externos
Fortalezas	Amenazas
Capacidad económica Conocimiento Crecimiento empresarial Personal capacitado	Convulsión social Recesión económica del país Normas legales que afecten el funcionamiento de las minas Competencia
Debilidades	Oportunidades
Alta rotación de personal Procesos anticuados Pérdida de información Personal poco motivado	Crecimiento económico Nuevos conocimientos Documentación lecciones aprendidas Alianzas estratégicas

Capacidad económica: la empresa Mainin S. R. L. dispone de suficiente capital económico para realizar servicios de gran envergadura, incluso servicios en paralelo para diferentes clientes.

Conocimiento: la empresa Mainin S. R. L. cuenta con más de diez años de experiencia lo que le permite tener un conocimiento completo del mercado donde se desarrolla.

Crecimiento empresarial: la empresa Mainin S. R. L. durante su presencia en el mercado tuvo un aumento en su tamaño, alcance e influencia en el mercado a través de diversas estrategias que fue aplicando.

Personal capacitado: la empresa Mainin S. R. L. cuenta con personal experto y con gran experiencia en las labores que debe realizar en los servicios que brinda la empresa.

Alta rotación de personal: en la empresa Mainin S. R. L., se tiene alto nivel de movimiento de personal de una oficina a otra.

Procesos anticuados: en la empresa Mainin S. R. L., se tiene algunos procesos anticuados debido a la resistencia del personal al cambio e innovación.

Pérdida de información: en la empresa Mainin S. R. L., al no contar con un sistema de información de gestión de mantenimiento, en algunas oportunidades no toma en cuenta las experiencias para mejorar en los siguientes trabajos.

Personal poco motivado: en la empresa Mainin S. R. L., se tiene algunos trabajadores desmotivados debido a los continuos cambios de oficina de trabajo.

Convulsión social: la creciente ola delincriminal en nuestro país es una amenaza para cualquier empresa grande o pequeña.

Recesión económica del país: actualmente se tiene un crecimiento económico en nuestro país, sin embargo, si esto no es sostenido se puede llegar a disminuir el crecimiento, contracción en el consumo y recesión que afecta a todas las empresas.

Normas legales que afecten el funcionamiento de las minas: la posibilidad de dictar nuevas normas legales populistas a raíz de las protestas sociales puede perjudicar el funcionamiento de las unidades mineras y de las empresas que les brindan servicio.

Competencia: la aparición de nuevas empresas con tecnologías actualizadas y costos de producción menores son una amenaza para cualquier empresa del sector.

Crecimiento económico: actualmente se tiene un crecimiento económico en nuestro país, lo cual permite la adjudicación de nuevos proyectos mineros lo que trae beneficios para las empresas que brindan servicios a las unidades mineras.

Nuevos conocimientos: adquirir nuevos conocimientos y tecnologías de vanguardia en para el desarrollo de los servicios que ofrece la empresa puede ser una oportunidad para lograr ventajas competitivas.

Documentación lecciones aprendidas: la implementación de sistemas de información de seguimiento de las diversas labores que se realiza con sus respectivas ocurrencias, puede permitir mejorar y optimizar los recursos para los nuevos trabajos.

Alianzas estratégicas: la posibilidad de realizar alianzas estratégicas con proveedores permitirá a la empresa reducir costos y estar actualizado en nuevas tecnologías.

3.7.3. Matriz EFI

Factores internos clave	Peso o ponderación	Calificación	Valor ponderado
Fortalezas			
Capacidad económica	0.25	4	1.00
Conocimiento	0.15	3	0.45
Crecimiento empresarial	0.10	3	0.30
Personal capacitado	0.12	4	0.48
Debilidades			
Alta rotación de personal	0.12	2	0.24
Procesos anticuados	0.05	2	0.10
Pérdida de información	0.13	1	0.13
Personal poco motivado	0.08	1	0.08
Sumatoria	1.00		2.78

Como el valor ponderado obtenido es superior a 2.50 ($2,78 > 2,50$) se concluye que la empresa tiene una posición interna sólida.

3.7.4. Matriz EFE

Factores externos clave:	Peso o ponderación Amenazas	Calificación	Valor ponderado
Convulsión social	0.23	3	0.69
Recesión económica del país	0.12	1	0.12
Normas legales que afecten el funcionamiento de las minas	0.10	1	0.10
Competencia	0.07	3	0.21
Oportunidades			
Crecimiento económico	0.25	3	0.75
Nuevos conocimientos	0.10	4	0.40
Documentación lecciones aprendidas	0.05	4	0.20
Alianzas estratégicas	0.08	1	0.08
Sumatoria	1.00		2.55

Como el valor ponderado obtenido es superior a 2.50 ($2,55 > 2,50$) se concluye que la empresa está respondiendo bien a las oportunidades y amenazas.

3.7.5. Modelo CANVAS

Socios clave Empresas mineras dedicados a la extracción de diversos tipos de minerales. Proveedores que proporcionan herramientas y equipos de mantenimiento mecánico y eléctrico. Empresas de transportes que nos brindan el traslado interno de personal.	Actividades clave -Mantenimiento de procesos mineros en plantas concentradoras bajo estándares de calidad y seguridad. -Buena relación con el cliente. -Trabajos de calidad, seguridad y en los tiempos estimados.	Propuesta de valor -Planeamiento de los trabajos desde la fecha pacta para trabajos de mantenimiento. -Satisfacción de nuestros clientes garantizando nuestros trabajos de calidad y seguridad. -Nos caracterizamos por nuestro valor agregado a los trabajos y el profesionalismo de cada una de nuestras actividades encomendadas.	Relación con los clientes -Trato directo -Propuesta con mejora continua en sus procesos de mantenimiento. -Seguimiento de los trabajos después del mantenimiento. -Garantizar nuestros trabajos.	Segmento de clientes -Empresas Mineras y de Construcción: minas con equipos eléctricos de extracción y procesamiento, constructores que utilizan maquinaria eléctrica para obras e infraestructuras. -Industrias Manufactureras: plantas de producción de alimentos, textiles, plásticos, metalurgia, etc., empresas que dependen de maquinaria eléctrica para procesos de fabricación.
	Recursos clave -Personal profesional con experiencia y competentes de buen servicio y eficiente. -Sistemas de comunicación. -Herramientas y equipos específicos por cada actividad		Canales -Vía telefónica -Correo electrónico. -Página web -Redes sociales.	
Estructura de costes -Planilla de trabajadores -Mantenimiento de equipos y herramientas			Flujo de ingresos	

-Arriendo y servicios -Compra y abastecimiento de equipos de protección personal. -Trasporte de personal. -Examen médicos	-Contratos de mantenimiento periódicos, con planes de mantenimiento preventivo mensuales, trimestrales o anuales. -Servicios personalizados de mantenimiento para clientes industriales y comerciales -Servicios de reparación y repuestos, diagnóstico y reparación de fallas en equipos eléctricos.
--	---

Figura 11. Modelo Canvas

3.8. Bases legales y documentos administrativos

Dentro de las bases legales reguladoras, normativas, registros y documentos administrativos la empresa cuenta con las siguientes:

Norma internacional

- ***IEEE 1415-2006***

Es una guía para el análisis de fallas y las pruebas de funcionamiento de maquinaria de inducción desarrollada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos y publicada en el 2007. Sirve para orientar sobre la estructura, el bastidor, la ventilación y los accesorios, asimismo, ayuda a determinar las causas de las fallas y permite destinar al personal responsable del funcionamiento y mantenimiento de grandes máquinas de inducción de jaula de ardilla con una potencia nominal de hasta 15 kV. Los sistemas de la maquinaria que aborda son: Estator (devanado y núcleo), Rotor (devanado y núcleo), vibración y ruido, rodamientos y ejes, estructura, bastidor, ventilación y accesorios.

Normas nacionales

- ***Ley 29783 Seguridad y Salud en el Trabajo.***

La Ley N.º 29783 constituye una norma fundamental orientada a la protección de los trabajadores frente a accidentes y enfermedades ocupacionales. Su propósito es fomentar una cultura preventiva en materia de riesgos laborales, sustentada en el deber de prevención de los empleadores, la función de fiscalización estatal y la participación activa de los trabajadores y sus organizaciones sindicales. En este contexto, se evidencia la necesidad de contar con servicios especializados en seguridad y salud en el trabajo.

- ***Reglamento de la ley 29783 DS 005 2012 TR.***

El reglamento de la Ley 29783 es un conjunto de normas que establece cómo deben cumplirse las obligaciones de seguridad y salud en el trabajo. Los empleadores en forma conjunta con los trabajadores deben elaborar su propio reglamento y debe ser puesto a disposición de todos los trabajadores; entre los principales objetivos son:

- Establece los estándares de seguridad y salud

- Describe cómo deben prepararse y responder a emergencias
 - Determina cómo se debe formar a los trabajadores
 - Indica cómo se debe evaluar el desempeño
 - Establece cómo se deben corregir y reconocer los resultados
- ***DS 024–2016–EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y sus modificatorias. DS 023 2017 MEM Capítulo X Art. 364.***

Este reglamento que regula la seguridad y salud ocupacional en la minería en el Perú. Su objetivo es prevenir accidentes, enfermedades y riesgos laborales; define trabajos de alto riesgo, como los que se realizan en espacios confinados, en altura, o con equipos radiactivos; establece que para realizar trabajos de alto riesgo se necesita un Permiso de Trabajo para Actividades de Alto Riesgo (PETAR); crea un Comité de Seguridad para unidades mineras con 20 o más trabajadores; establece que se deben identificar peligros, evaluar riesgos, e implementar medidas de control y establece que se deben realizar inspecciones internas diarias

Normas internas

- ***Reglamento Interno de seguridad y Salud Ocupacional Mainin***

Es un documento interno de la empresa Mainin elaborado por los directivos y representantes de los trabajadores en base a la Ley 29783 Seguridad y Salud en el Trabajo y su reglamento; es de cumplimiento obligatorio bajo responsabilidad en todas las actividades que se realizan. Ello alcanza por ende a todos sus trabajadores (empleados, obreros, administrativos, practicante en formación para el trabajo, etc.). La normativa en materia de seguridad y salud en el trabajo alcanza no solo a los trabajadores directos, sino también a contratistas, proveedores, visitantes y demás personas que se encuentren en las instalaciones de la organización. Sus principales objetivos son: garantizar condiciones de seguridad que salvaguarden la vida, salud, integridad física y bienestar de los trabajadores mediante la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales; proteger las instalaciones y bienes de la empresa a fin de asegurar la continuidad de la fuente laboral y optimizar la productividad; así como fomentar el desarrollo de la conciencia preventiva en los trabajadores, promoviendo la ejecución segura y eficiente de las actividades.

- ***La Resolución Ministerial N.º 111-2013-MEM***

Aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, establece normas de carácter obligatorio para la prevención de riesgos asociados a esta actividad. Sus objetivos principales son: proteger la salud y seguridad de las personas que manipulan instalaciones eléctricas, así como la de los usuarios y el público en general; definir lineamientos

para la elaboración de planes y programas destinados al control, eliminación o reducción de riesgos eléctricos; y consolidar una cultura de prevención en el ámbito laboral.

- ***NFPA 70E Seguridad eléctrica.***

Es una norma de seguridad eléctrica que establece medidas para prevenir accidentes laborales relacionados con la electricidad. Fue desarrollada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA). Tiene como objetivos: reducir el riesgo de lesiones y muertes por electrocución, choque eléctrico, relámpago de arco y ráfaga de arco; controlar los peligros de descarga eléctrica y arco eléctrico en el lugar de trabajo, ayudar a cumplir con OSHA 1910 Subparte S y OSHA 1926 Subparte K. en esta norma se incluye: requisitos para evaluar el riesgo de choque eléctrico, requisitos para establecer perímetros de protección contra choques, requisitos para evaluar el riesgo de arco eléctrico, requisitos para el equipo de protección personal, requisitos para técnicas de alerta, requisitos para trabajar cerca de líneas aéreas.

- ***FO-GG-01, Política de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.***

Formato de cumplimiento de la Política de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (ver anexos).

- ***FO-GG-02, Política de negativa a realizar un trabajo inseguro.***

Formato de cumplimiento de la Política de negativa a realizar un trabajo inseguro (ver anexos).

- ***FO-GG-03, Política de alcohol y drogas.***

Formato de cumplimiento de la Política de alcohol y drogas (ver anexos).

- ***FO-GG-04, Política disciplinaria.***

Formato de cumplimiento de la Política disciplinaria (ver anexos).

- ***FO-GG-05, Política de responsabilidad social.***

Formato de cumplimiento de la Política de responsabilidad social (ver anexos).

- ***FO-GG-06, Política de fatiga y somnolencia.***

Formato de cumplimiento de la Política de fatiga y somnolencia (ver anexos).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES PROFESIONALES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA

4.1. Objetivos de la actividad profesional

4.1.1. Objetivo general

Gestionar de manera eficiente el mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A. empleando el sistema de análisis de criticidad.

4.1.2. Objetivos específicos

- Optimizar el tiempo de ejecución de las actividades del mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A. empleando el sistema de análisis de criticidad.
- Disminuir el costo de la ejecución de actividades del mantenimiento eléctrico en parada mayor de la Minera Chinalco S. A. empleando el sistema de análisis de criticidad.

4.2. Justificación de la actividad profesional

El ingeniero industrial desempeña un papel fundamental en una empresa, se encarga de optimizar los procesos y recursos para mejorar la eficiencia y la productividad; debe desarrollar competencias como: gestión de procesos y operaciones (optimización de recursos, mejora continua y eficiencia operativa), análisis de datos y toma de decisiones (interpretación de información para resolver problemas y mejorar resultados), habilidades en gestión de proyectos (planificación, ejecución y control de proyectos para alcanzar objetivos estratégicos), uso de herramientas tecnológicas (manejo de software de simulación, automatización y análisis de

datos), liderazgo y trabajo en equipo (coordinación de equipos multidisciplinarios para alcanzar metas organizacionales).

En el caso particular de la empresa Mainin S. R. L. la función del ingeniero industrial es la gestión, liderazgo y supervisión de los trabajos de mantenimiento de equipos eléctricos, instalaciones e instrumentación que la empresa realiza en las plantas de las empresas y especialmente unidades mineras que solicitan los servicios de Mainin S. R. L.; para ello, adicionalmente el ingeniero industrial debe tener las competencias y habilidades como la a gestión de riesgos, que implica la identificación de fallas potenciales, la priorización de activos críticos y la definición de planes de contingencia; la toma de decisiones, orientada a la selección de alternativas óptimas frente a escenarios de presión de tiempo, recursos limitados o fallas imprevistas; y el liderazgo y trabajo en equipo, enfocado en motivar, guiar y coordinar equipos multidisciplinarios —eléctrico, mecánico e instrumentación— para alcanzar los objetivos bajo estrictos estándares de seguridad y calidad. Asimismo, la gestión de proyectos se refleja en la aplicación de herramientas de planificación y control que garantizan el cumplimiento de cronogramas y presupuestos, mientras que la innovación y mejora continua se evidencia en la incorporación de metodologías como el análisis de criticidad y el uso de software especializado para incrementar la eficiencia operativa.

El ingeniero industrial que labora en Mainin S. R. L. realiza su labor, teniendo en cuenta el cumplimiento adecuado de los protocolos, estándares y procedimientos; asimismo, garantizando la seguridad del personal profesional y técnico responsable de las labores.

Mainin S. R. L. firma el contrato: MC01043GSA WO01, MC01042GSA WO01, MC00884LOC, OS900001462 y WO10 - MC00663GSA con la Minera Chinalco S. A. cuyas características y detalles del servicio que se debe realizar se tienen a continuación: Mantenimiento paradas de planta electricidad e instrumentación, Mantenimiento preventivo especializado de motores de media y baja tensión, Mantenimiento de sistemas GMD molinos SAG y bolas, marca Siemens y Mantenimiento especializado trabajos mecánicos chancadora primaria, molinos y flotación y relaves.

Las actividades relacionadas con el mencionado contrato se iniciaron el 2019 y se mantienen hasta la actualidad, con posibilidad de ampliarlo por 1 año más en vista del trabajo eficiente y responsable que se viene realizando; así como, el gran apoyo y el soporte que se le brinda en el área de mantenimiento eléctrico de toda la planta.

4.3. Descripción del cargo y actividades profesionales

Cargo: Supervisor de Planeamiento

Área: Mantenimiento

Reporta a: Jefe de Mantenimiento

Puestos que le reporta: Asistente de planeamiento

Descripción del puesto: Gestionar integralmente los recursos necesarios para la ejecución de contratos de mantenimiento durante las paradas de planta, asegurando la continuidad operativa de los equipos críticos. El cargo exige competencias de liderazgo, toma de decisiones bajo presión, gestión de riesgos y capacidad de coordinación interdepartamental.

Formación académica: Bachiller o titulado en Ing. Mecánica, Eléctrica, Industrial, ramas afines.

Habilidades:

- Compromiso: Capacidad para comprender las características específicas de la organización y comprometerse con ella, alineando la conducta y las responsabilidades profesionales con los valores, principios y objetivos de esta.
- Toma de decisiones: seleccionar cursos de acción eficientes frente a imprevistos.
- Comunicación efectiva: Capacidad de entender, transmitir ideas, información y opiniones de forma clara y exacta, por escrito y oralmente, escuchando y siendo receptivo a las propuestas de los demás; que permita cumplir con los objetivos.
- Ética e integridad: Capacidad de alinear sus valores con los de la empresa mientras cumple con las normas establecidas, promoviendo esta actitud en los miembros de su equipo.
- Gestión de riesgos: prever y mitigar fallas durante las actividades de mantenimiento.
- Liderazgo: Capacidad de motivar, dirigir e influenciar en su equipo de trabajo y apoyarlos para que trabajen con entusiasmo en el logro de objetivos comunes. Además, facilita el desarrollo de las capacidades y el potencial de cada miembro del equipo de trabajo.
- Resolución de problemas: Habilidad que se expresa mediante el interés por resolver eficientemente los problemas que se presentan en el día a día, tomando en cuenta las necesidades de la empresa y del cliente.
- Responsabilidad: Habilidad que se expresa mediante el interés por resolver eficientemente los problemas que se presentan en el día a día, tomando en cuenta las necesidades de la empresa y del cliente.

- Trabajo en equipo/Coordinación: Capacidad de colaborar, cooperar, coordinar e integrarse activamente en la consecución de objetivos comunes con otras personas, áreas y organización; a través del desarrollo de sinergia.

Funciones:

- Recibir la adjudicación del contrato o servicio por parte de PMO.
- Elaborar organigramas generales y específicos, matriz de comunicaciones independientemente por contrato/servicio o PDP y difundir a todas las áreas involucradas.
- Coordinar reuniones de inicio con el área PMO, RR. HH, Logística, Gestión de activos, movilidades, almacén y SSOMA, sobre la implementación de cronograma, delegación de funciones y establecer fechas de entrega durante el pre - inicio, movilización de personal, inicio, ejecución, desmovilización de personal y cierre.
- Programar reuniones de seguimiento diario, Inter diarias y semanales según la necesidad que involucre el contrato/ servicio o PDP.
- Coordinar y determinar con el cliente el alcance y la magnitud de las actividades a ejecutar, dimensionamiento de recursos requeridos del contrato/ servicio o PDP asignado.
- Gestionar y organizar la disponibilidad física de todos los recursos materiales y humanos necesarios para la ejecución del contrato/ servicio o PDP, según los requerimientos de los contratos adjudicados. La coordinación y cuantificación de recursos será en coordinación con el administrador del servicio asignado por PMO.
- Elaborar cronogramas de inicio de servicio y hacer requerimientos y seguimientos a la movilización y entrega de recursos como, equipos, materiales, herramientas, vehículos y personal para el inicio del servicio.
- Elaborar el programa diario/ semanal de trabajos, Manpower, plan de actividades, en el que se considerará personal designado a cada tarea, duración estimada de la tarea, cantidad de recursos a utilizarse, coordinaciones directas con el cliente para facilidades durante la ejecución del contrato/ servicio o PDP.
- Distribuir el personal según actividades asignadas junto al residente o responsable de los trabajos del contrato/servicio o PDP.
- Monitorear el avance de documentos de seguridad, elaboración de protocolos o entregables solicitados por el cliente.
- Realizar el seguimiento a la entrega de equipos, materiales, herramientas EPP de uso básicos y específicos solicitados a Gestión de activos y Logística.

- Dar soporte al residente/ coordinador en la elaboración de reportes de avance o comunicación con el cliente de manera diaria, Inter diarias, semanal o mensual según solicitud del cliente.
- Realizar el reporte de las desviaciones de forma inmediata de manera formal. Los informes finales por servicio serán enviados al cliente 5 días después de finalizar el servicio.
- Llevar el control de tareas en campo para valorización de personal, equipos y herramientas los cuales serán enviados posterior a los 4 días de desmovilización del personal parcial o total.
- Promover relaciones basadas en valores de acuerdo con la cultura organizacional con Planificadores, Supervisores y con la Jefatura de Planeamiento, Residencia y RR.HH.
- Otras funciones inherentes a su cargo, que se le asigne la gerencia y aquellas que por iniciativa propia conlleven a mejorar la eficiencia de la empresa.

4.3.1. Enfoque de las actividades profesionales

La supervisión y planeamiento del mantenimiento dentro de la parada mayor permite garantizar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo con el contrato suscrito por Mainin S. R. L. con la minera Chinalco, logrando satisfacción del cliente; esto implica garantizar la continuidad de las operaciones de la planta a partir del normal funcionamiento de las máquinas y equipos, así como evitar incidentes de fallas u otros durante el arranque de planta. Este enfoque trasciende la simple planificación de tareas, ya que implica liderar la organización de recursos humanos, materiales y tecnológicos bajo criterios de eficiencia; tomar decisiones inmediatas frente a desviaciones en los cronogramas o fallas inesperadas, priorizando siempre la seguridad y la continuidad de las operaciones; y gestionar el riesgo operativo mediante la elaboración de protocolos, matrices y planes de contingencia que garanticen la confiabilidad de los procesos.



Figura 12. Actividad de coordinación



Figura 13. Actividad de supervisión

4.3.2. Alcance de las actividades profesionales

Las actividades de supervisión del mantenimiento eléctrico e instrumentación se realizaron como integrante del área de Mantenimiento de Mainin S. R. L. en la minera Chinalco en cumplimiento del contrato suscrito entre ambas empresas y estuvieron orientados a desarrollar todas las actividades y procesos detallados en los documentos normativos, cumpliendo los estándares dispuestos por la minera Chinalco tanto para trabajos críticos como trabajos rutinarios en coordinación con el jefe de mantenimiento de la unidad minera a partir de reuniones que permiten optimizar los tiempos de mantenimiento así como incorporar actividades no programadas que se pueden realizar aprovechando el tiempo de la parada de planta.

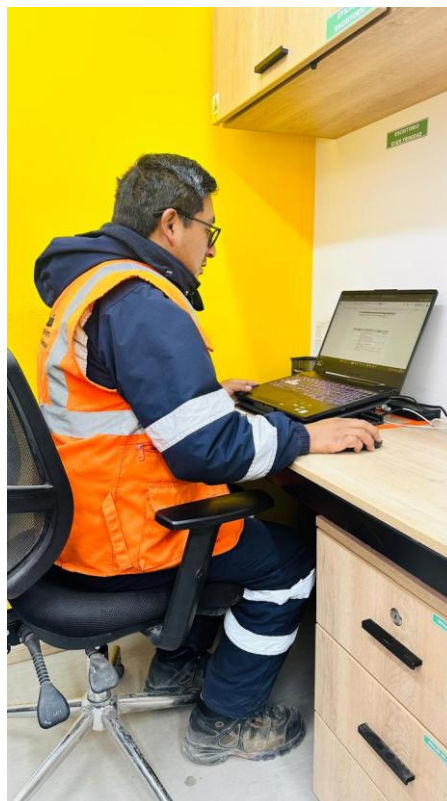


Figura 14. Actividad de planificación



Figura 15. Actividad de capacitación

4.3.3. Entregables de las actividades profesionales

- Se emiten documentos técnicos que registran los defectos observados, las intervenciones realizadas para su corrección y las medidas de seguimiento aplicadas al mantenimiento eléctrico del equipo.
- Plan de mantenimiento correctivo en base a fallas reportadas por los equipos bajo su mando.
- Diagrama de Gantt con el cronograma de las actividades de mantenimiento, anual, semestral y trimestral.
- Programación para los equipos de electricidad e instrumentación, elaboración de informes técnicos y toma de decisiones
- Indicadores de gestión de seguridad KPI por supervisor
- Inventario de herramientas, repuestos y cualquier otro insumo asignado al área bajo su responsabilidad antes, durante y después de mantenimiento.
- Acta de conformidad de personal, así como herramientas y equipos.
- Reporte de asistencia del personal subordinado con las respectivas incidencias durante la parada mayor.

4.3.4. Diagrama analítico de procesos

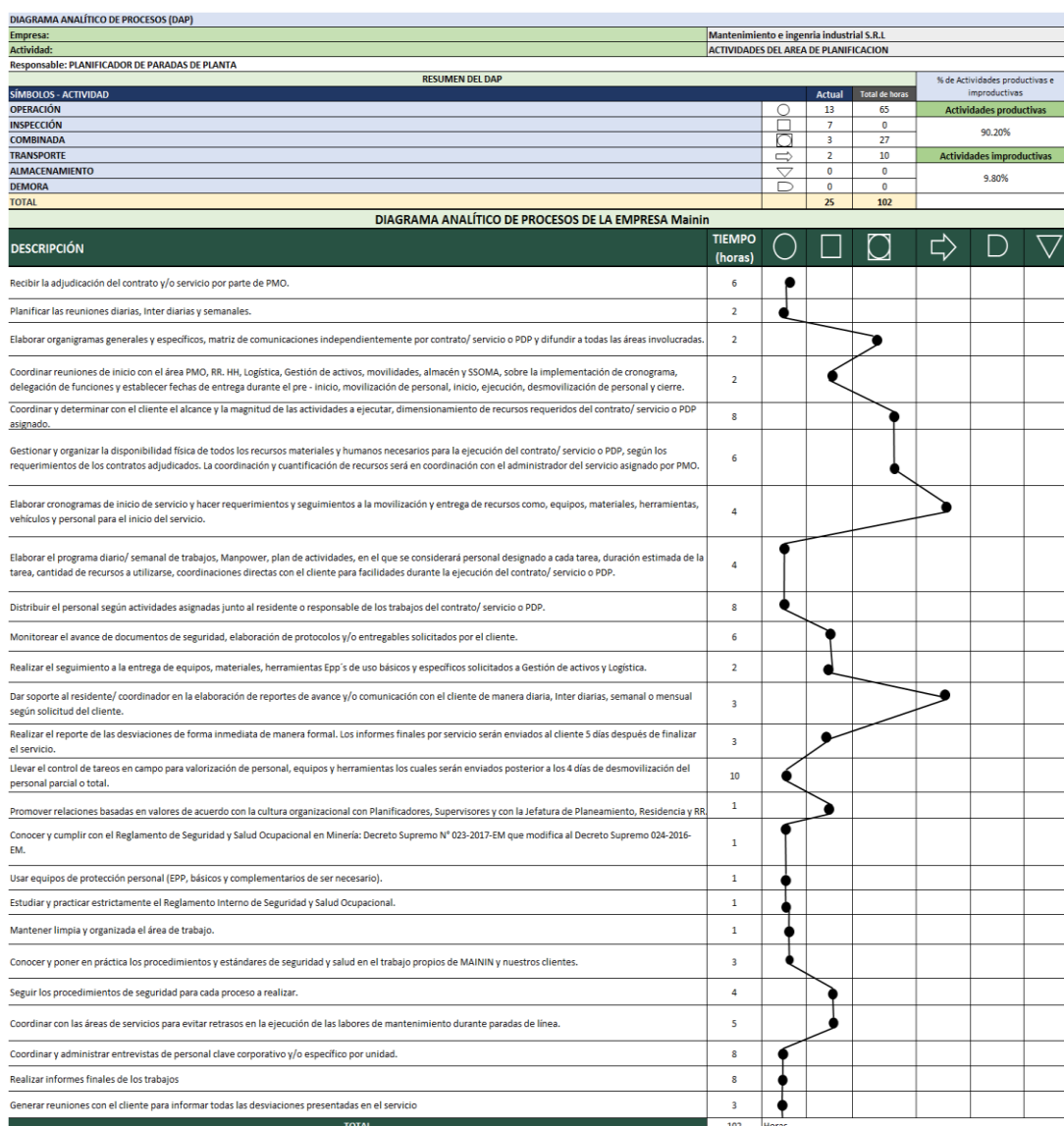


Figura 16. Diagrama analítico de procesos del área de Planificación

4.4. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.4.1. Metodologías

En el desarrollo de la actividad profesional se aplicaron metodologías descriptiva, cuantitativa y analítica. La metodología descriptiva permitió caracterizar las condiciones de los equipos en operación dentro de la unidad minera; la cuantitativa se utilizó en la medición de indicadores relevantes; y la analítica posibilitó el examen de los resultados, generando aportes útiles para que el bachiller pueda proponer y ejecutar soluciones orientadas al mantenimiento.

Asimismo, se implementó una metodología de análisis de criticidad con el propósito de optimizar la gestión de repuestos. Para ello, se empleó la fórmula básica de criticidad, definida como el producto entre la frecuencia y la consecuencia, considerando criterios

adicionales en el cálculo de ambos factores. La determinación de las cantidades de repuestos se sustentó en el documento *Recommended Parts List* (RPL) emitido por el fabricante, lo que garantizó un soporte técnico adecuado para la toma de decisiones.

4.4.2. Técnicas

Las técnicas utilizadas en el planeamiento de las actividades de mantenimiento son:

Método de la ruta crítica

- El método de la ruta crítica constituye una herramienta fundamental para la gestión de proyectos, ya que permite determinar el tiempo óptimo de ejecución de todas las tareas involucradas. Se basa en tres elementos principales: las tareas, entendidas como las actividades individuales necesarias para culminar el proyecto; las duraciones, que representan el tiempo estimado para completar cada actividad; y las dependencias, que describen las relaciones secuenciales entre las tareas, indicando cuáles deben finalizar antes de iniciar otras.

Línea base

- La línea base es un punto de referencia fijo que se utiliza para comparar el rendimiento del proyecto durante su ejecución. Permite evaluar de manera objetiva el progreso en cuanto al alcance, la planificación y el costo, centrándose en los resultados obtenidos. Asimismo, facilita el análisis de la contribución del estado del proyecto en distintos momentos al logro de los objetivos establecidos, funcionando como un instrumento de control y seguimiento.

4.4.3. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en el desarrollo de las actividades profesionales son:

- Plan de mantenimiento: documento técnico que detalla los trabajos programados para cada equipo durante una parada mayor.
- Diagrama de Gantt: que consiste en una herramienta gráfica que permite gestionar equipos de trabajo, gestionar tareas, responsabilidades y tiempos de entrega de una manera totalmente visual y fácil de comprender, sin importar la complejidad de la labor en cuestión (anexo 4).
- Protocolos de mantenimiento eléctrico, desarrollado por el supervisor responsable y de estricto cumplimiento de todos los técnicos en el desarrollo de las labores específicas (anexo 5).

- Sistema de análisis de criticidad: aplicativo informático que permite priorizar los activos en la planificación del mantenimiento; combina la gravedad y la frecuencia de una falla potencial y usa esa información para calificar el nivel de criticidad de un activo.

4.4.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

En el desarrollo de las actividades se utilizan

- Equipos informáticos: laptop, impresoras y escáner.
- Software: Ms-Excel, AutoCAD, Project, SAP, Ms-Word.
- Plataformas digitales: Teams classic, Google Meet.
- Red de comunicación: internet

4.5. Ejecución de las actividades profesionales

4.5.1. Cronograma de actividades realizadas

Tabla 5. Cronograma de actividades

Cronograma de actividades parada de planta mayor minera Chinalco Perú	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Revisión de actividades programas parada de planta según el SAP							
Dimensionamiento de horas y técnicos de mantenimiento por actividad							
Dimensionamiento de recursos materiales, repuestos y herramientas							
Requerimiento del área de logística.							
Trabajos de reclutamiento de personal (entrevistas presencial y virtual)							
Capacitación en habilidades duras y blandas							
Trabajos de previos de parada de planta							
Trabajos de parada de planta							
Trabajos de post parada de planta							
Cierre de parada de planta							

4.5.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

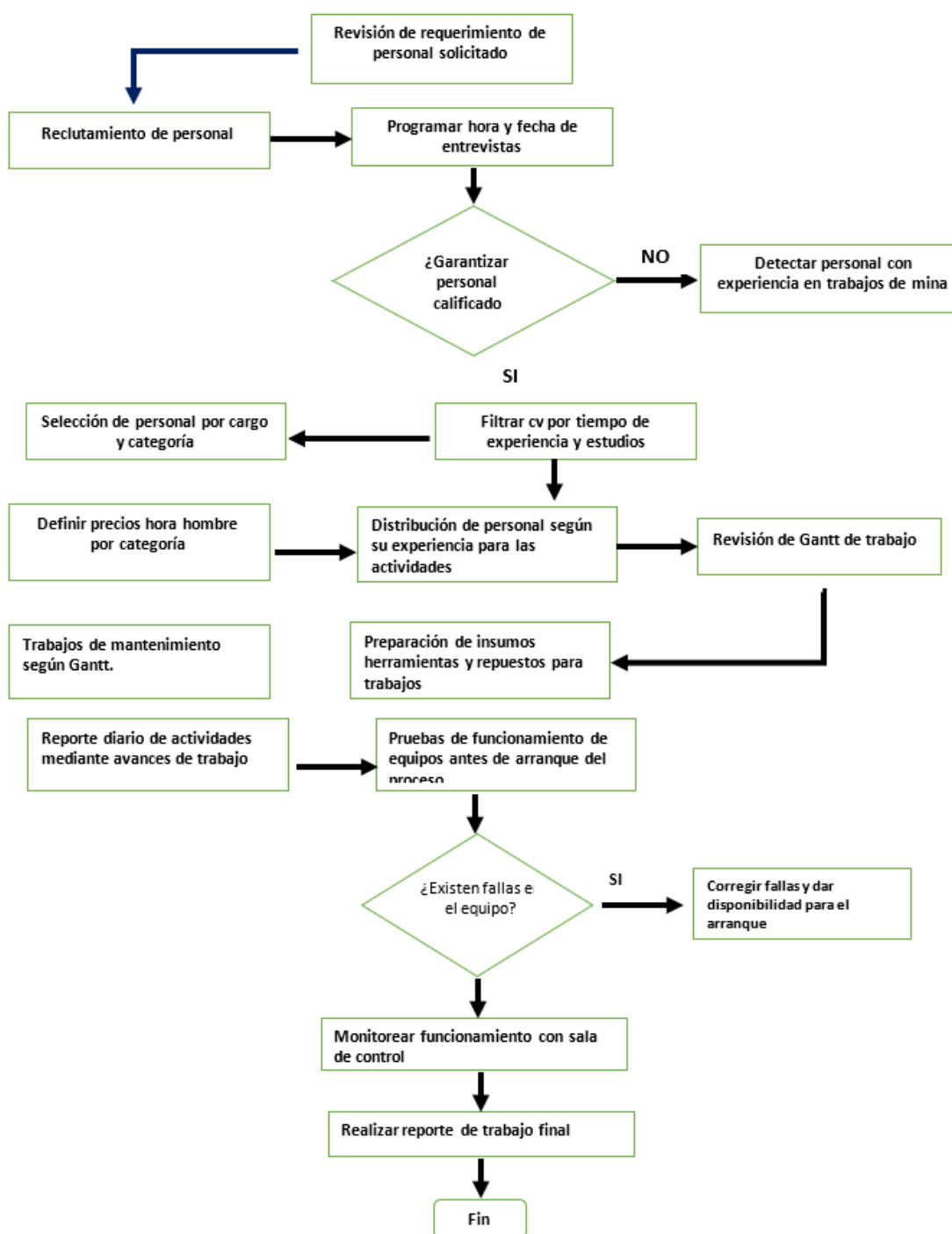


Figura 17. Flujograma de las actividades profesionales

4.5.3. Indicadores operativos de las actividades profesionales

Minera Chinalco S. A. es una empresa que extrae cobre y molibdeno, cuenta con 3 plantas procesadoras, las cuales son operaciones mina, planta concentradora y planta de aguas acidas. El proceso de operación en la planta tiene el siguiente flujo: chancadora primaria, molinos, flotación, espesadores y filtrado. El mantenimiento de los equipos y máquinas eléctricas lo venía realizando la empresa FLSmidth hasta 2018, quienes realizaban el trabajo de

mantenimiento en paradas de planta. Contrato por horas hombre el cual no se asumía responsabilidad de los trabajos de mantenimiento directo solamente apoyo.

Ahora con Mainin S. R. L. el trabajo de mantenimiento tiene las siguientes características: Trabajos especializados de mantenimiento de motores eléctricos, mantenimiento especializado de trabajos mecánicos en las áreas de chancadora primaria, molinos y flotación y relaves, teniendo como socio estratégico a Chinalco, realizando propuestas de mejora en sus procesos de mantenimiento mediante análisis de tiempos en el planeamiento y ejecución de los trabajos el cual nos caracteriza la confianza del cliente.

Para realizar un adecuado mantenimiento preventivo cumpliendo con los estándares de calidad, es necesario elaborar un plan de mantenimiento eficaz utilizando herramientas que faciliten la gestión; los pasos básicos que se debe considerar son:

- Fijar las metas a conseguir: Es esencial establecer objetivos claros y bien definidos que guíen el esfuerzo y aseguren que el equipo esté alineado hacia un propósito común.
- Identificar los recursos disponibles: Esto implica conocer la ubicación de los activos, seguir las recomendaciones de funcionamiento y mantenimiento del fabricante, revisar las especificaciones técnicas, el año de adquisición, y cualquier otra información relevante que permita una correcta gestión de los recursos.
- Priorizar las tareas de mantenimiento: No todos los activos dentro de una empresa tienen el mismo impacto o importancia. Por ello, es crucial realizar una priorización para enfocar esfuerzos en aquellos activos que son más críticos para el funcionamiento de la organización.
- Implementar un buen sistema de seguimiento: Para que un plan de mantenimiento preventivo sea efectivo, se necesita un sistema de monitorización y control que brinde información en tiempo real sobre el estado y el desempeño de los activos, lo que facilita la toma de decisiones y mejora la eficiencia.
- Construir un cuadro de mando e informes visuales: Utilizar métricas y KPI clave para construir un cuadro de mando visualmente atractivo que permita un análisis claro y accesible del desempeño de los equipos de mantenimiento, y genere informes que faciliten la toma de decisiones informadas.

4.5.4. Indicadores del diagnóstico situacional

El diagnóstico situacional de las actividades profesionales en Minera Chinalco S. A. y el mantenimiento realizado por Mainin S. R. L. se realiza a través de una serie de indicadores operativos. Estos indicadores proporcionan datos clave para evaluar la eficiencia, la disponibilidad y el desempeño de los equipos y sistemas dentro de la planta. Los principales indicadores de diagnóstico situacional incluyen:

- **Indicadores operativos de las actividades profesionales**

Mide el porcentaje de tiempo que los equipos y máquinas están operativos en relación con el tiempo total disponible. Este indicador ayuda a identificar fallas en los equipos y mejorar la programación del mantenimiento preventivo.

La empresa Mainin durante el año 2024 logramos reducir tiempos de mantenimiento preventivo en un 10 % de las actividades programadas en trabajos de paradas de planta logrando reducir costos de mano de obra e iniciar el arranque de planta antes de lo planeado.

- **Tiempo de inactividad (*Downtime*):**

Mide el tiempo total en que un equipo o sistema está fuera de servicio, ya sea por fallas inesperadas o paradas programadas para mantenimiento. Este indicador es esencial para optimizar las paradas de planta y reducir los tiempos muertos.

- **Eficiencia del mantenimiento preventivo (EMP):**

Evalúa el porcentaje de tareas de mantenimiento preventivo realizadas dentro del tiempo y el presupuesto establecidos, lo que refleja la efectividad del plan de mantenimiento y su capacidad para reducir fallas inesperadas.

- **Costo de mantenimiento por unidad de producción:**

Este indicador calcula el costo de mantenimiento en relación con la producción de cobre y molibdeno. Permite identificar áreas donde los costos de mantenimiento son elevados y pueden optimizarse.

Durante los trabajos de mantenimiento del 2023 se logró evidenciar que la falla de motores eléctricos de media tensión en el área de Flotación Rougher eran más comunes, para lo cual con la propuesta generada por Mainin el 2024 se tuvo un 15 % de detenciones de este equipo afectando menos la producción de mineral en la planta concentradora.

- **Índice de satisfacción Chinalco:**

Refleja la percepción de Chinalco sobre el servicio de mantenimiento prestado por Mainin S. R. L.. Este indicador se puede medir a través de encuestas periódicas y reuniones de retroalimentación.

$$Indice = \frac{Número\ de\ servicios\ satisfactorios}{Número\ de\ servicios} \times 100$$

Descripción	Índice
Tiempo total de mantenimiento	402,3 horas
Costo total del mantenimiento	\$ 5632.78
Tiempo de inactividad	19,83 horas
Satisfacción Chinalco	100 %

4.5.5. Diagrama causa-efecto

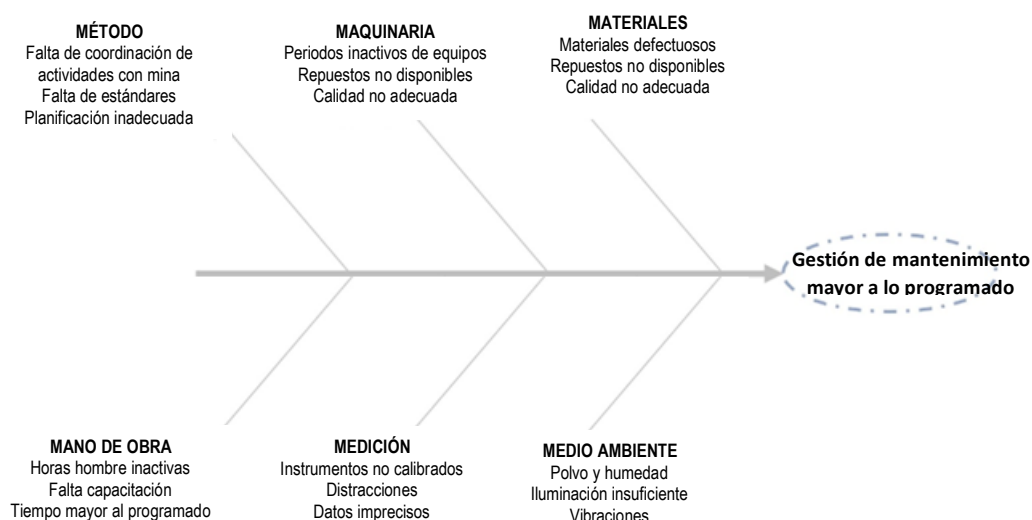
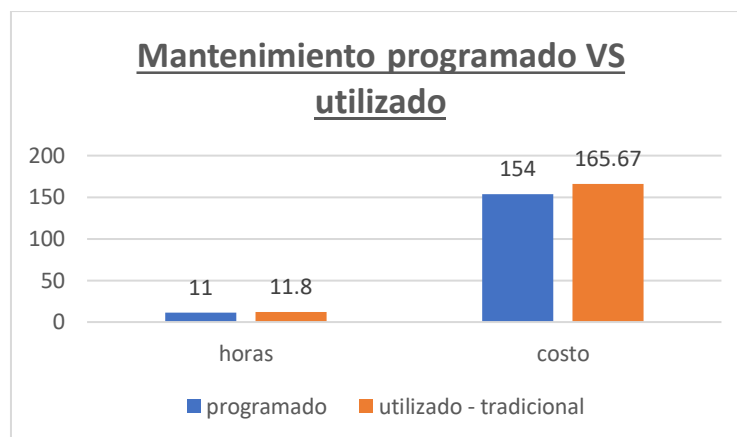


Figura 18. Diagrama causa-efecto de la gestión de mantenimiento

Como se observa en la figura 18, en la empresa Mainin S. R. L., se tiene una gestión de mantenimiento regular debido a diversas causas que incluyen recurso humano, equipos, tiempos, costos y actividades de coordinación; la gestión podría mejorar si se implementan estrategias como el análisis de criticidad planteado en el presente informe. Como se puede observar en el siguiente gráfico se detalló los recursos programados y los utilizados para el mantenimiento, lo cual demuestra una deficiente gestión de mantenimiento.



Descripción de la Actividad	Costo	Programado		Metodología tradicional		
	\$/hora	Horas	Costo \$	Horas	Costo \$	Diferencia \$
Elaboración de documentos de gestión	14	0.5	7	0.5	7	0
Bloqueo y etiquetado de equipos	14	1.5	21	1.5	21	0
Revisión de conexión de cables de alimentación	14	3	42	3.2	44.33	2.33
Limpieza de carcasa de motor eléctrico	14	1.5	21	1.7	23.33	2.33
Pruebas de aislamiento	14	2.5	35	2.7	37.33	2.33
Ajuste de terminales de fuerza	14	1	14	1	14	0
Hermetizado de la caja de conexiones	14	1	14	1.3	18.67	4.67
Total		11	154	11.8	165.67	11.67
Disponibilidad de mantenimiento			92.73 %			
Costo de mantenimiento			7.58 %			

Como se puede observar en la tabla se muestra que las horas y el costo utilizado, supera al programado, el cual demuestra que la disponibilidad de mantenimiento antes de la implementación del análisis de criticidad es de 92.73 %. Por otro lado, se observa que el costo de mantenimiento es superior al programado en un 7.58 % de costo adicional. Es importante mencionar que la disponibilidad se halló con la siguiente formula:

Disponibilidad de mantenimiento= (Horas programadas – Horas pérdidas) /Horas programadas por 100.

4.6. Identificación de oportunidades o necesidades en el área de actividades

El área de mantenimiento de Minera Chinalco S. A. realizó una invitación a cotizar a varias empresas eléctricas, los siguientes trabajos de mantenimiento: Mantenimiento paradas de planta electricidad e instrumentación, Mantenimiento preventivo especializado de motores de media y baja tensión, Mantenimiento de sistemas GMD molinos SAG y bolas, marca Siemens y Mantenimiento especializado trabajos mecánicos chancadora primaria, molinos y flotación y relaves contenido en la licitación denominada «Servicio de mantenimiento y reparación en parada de planta electricistas e instrumentistas chancado primario y planta concentradora , Mantenimiento preventivo de motores eléctricos en planta concentradora y pruebas estáticas y soporte mantenimiento de GMDS siemens» durante el período de «2021 – 2024» años. Con fecha 30/12/2020. previo cumplimiento de los requerimientos, se adjudicó la licitación a la empresa Mainin S. R. L., en la cual me desempeño como Supervisor de Mantenimiento y Planificación, por lo tanto, fui designado como supervisor de mantenimiento y planificación en los trabajos de mantenimiento eléctrico en la minera Chinalco. Las actividades descritas en el contrato firmado se iniciaron el 2021 y se mantienen hasta la actualidad, con posibilidad de ampliarlo por 1 año más debido al trabajo eficiente realizado, cumplimiento de todos los compromisos asumidos y soporte que se brinda en el mantenimiento de toda la planta.

El principal factor de la firma de este contrato ha sido la competitividad de precios que ofreció Mainin, y por la eficiencia demostrado hasta el momento se va a ampliar un año más. Respecto a los precios se ha consignado de acuerdo con nuestra experiencia participar con un monto al 95 % de la propuesta de Chinalco S. A., con ello estuvimos por debajo de otras propuestas que se presentaban hasta un 110 % de la propuesta de Chinalco, al estar por cumplir el contrato se debe observar que nuestro análisis fue correcto porque se cumplió de forma eficiente los trabajos solicitados, sin perjuicio para la empresa Mainin.

En el desarrollo de las labores profesionales se identificaron situaciones críticas relacionadas con la ingeniería industrial y que fueron abordadas en el presente informe, las cuales se detallan a continuación:

- Productividad hombre/hora: las labores de mantenimiento en parada mayor exigen una adecuada planificación de las actividades que permitan optimizar el tiempo de los trabajadores, evitando horas de inactividad del personal a causa de una inadecuada planificación de las actividades en paralelo y trabajos secuenciales; estas acciones de optimización permitirán una disminución superior al 5 % del tiempo programado.

- Costos de procesos: las actividades de mantenimiento en parada mayor requieren de recursos humanos y materiales, para ello se debe realizar los requerimientos con la debida anticipación y en base a una adecuada planificación que optimice el uso de recursos evitando costos innecesarios. estas acciones de optimización permitirán una disminución superior al 5 % de los costos programados.
- Eficiencia de procesos: la eficiencia de las actividades de mantenimiento en parada mayor depende de la adecuada determinación y planificación de tiempos, los cuales se reflejan en el diagrama de Gantt; es indispensable determinar las actividades críticas las que no pueden demorarse porque impactan en el tiempo total del proceso; estas acciones de optimización permitirán una disminución superior al 5 % del tiempo de inactividad como indicador de la eficiencia.
- Optimización de materiales: en el proceso de mantenimiento en parada mayor requieren de equipos como Baker ADX, multímetro, megóhmetro, entre otros; materiales como pernos, aisladores, terminales, kits de terminaciones, etc. y consumibles limpia contactos, silicona, lubricantes, grasa conductiva, entre otros los cuales debe ser adecuadamente planificados en las cantidades necesarias que eviten su desperdicio y estar listos en el momento que se requieran evitando demoras en las actividades.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA MAININ

5.1. Gestión de mantenimiento

En el desarrollo del trabajo profesional, se ha utilizado la metodología de Análisis de Criticidad para la Gestión del Mantenimiento, considerando en todo momento lo más importante en el proceso de mantenimiento en paradas mayores de la minera Chinalco S. A. es el cumplimiento estricto de los plazos, dado que una demora en el proceso de mantenimiento podría ocasionar el incumplimiento y por tanto retrasar todo el plan de mantenimiento o requerir ampliar la parada mayor.

5.2. Análisis de criticidad

Cada parte del mantenimiento se ha evaluado con dos criterios de criticidad, la probabilidad de ocurrencia de una demora y el impacto en el mantenimiento general, es decir según la experiencia obtenida en anteriores paradas mayores se ha evaluado que procesos son los más críticos para su desarrollo.

5.2.1. El mantenimiento correctivo de motores en baja tensión

El objetivo de este procedimiento consiste en establecer los pasos necesarios e identificar los peligros, riesgos y medidas de control para realizar los trabajos de mantenimiento correctivo de motores en baja tensión de manera segura y eficaz, evitando incidentes, daños al personal y al medio ambiente o al proceso.

Esta actividad debe ser realizada por técnicos electricistas de Mainin. Supervisor electricista Mainin y Supervisor electricista de la empresa Contratante, para el caso de este

presente caso, Supervisor de la minera Chinalco S. A. quien debe de coordinar esta actividad, tener el alcance de los puntos de conexión y desconexión; conocer la ubicación de los equipos a intervenir, solicitando pase a jefe de guardia.

Los pasos analizar son los siguientes:

- Movilización e inspección del área de trabajo.
- Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.
- Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.
- Bloqueo y etiquetado.
- Cambia de cables de fuerza y control.
- Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión
- Desbloqueo, energización y pruebas del equipo.

Tabla 6. Análisis de criticidad del mantenimiento correctivo

N.º	Proceso	Probabilidad	Impacto	Criticidad
1	Movilización e inspección del área de trabajo.	4	3	12
2	Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.	1	3	3
3	Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.	1	3	3
4	Bloqueo y etiquetado.	3	4	12
5	Cambia de cables de fuerza y control.	2	4	8
6	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión	3	4	12
7	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo.	2	1	2

Tras el análisis de la tabla 2 se puede graficar la siguiente figura:

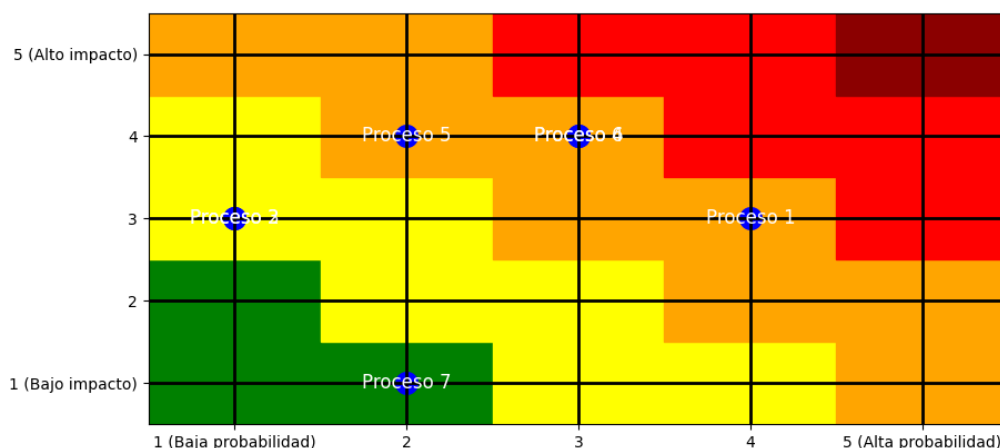


Figura 19. Matriz de criticidad para los procesos del mantenimiento correctivo

De acuerdo con este análisis se debe tomar principal cuidado en los Procesos de Movilización e inspección del área de trabajo y la reparación o cambio de motor eléctrico.

Esto responde al análisis realista previo al desarrollo de los trabajos, si estos trabajos se retrasan es posible retrasar todo el mantenimiento previsto, y en la experiencia se ha visto qué si el supervisor no concede los permisos de forma rápida o no se logra tener un área de trabajo despejado para las labores, no se puede iniciar el proceso y esto conlleva a la demora que termina perjudicando todo el planeamiento del mantenimiento, en esta misma medida afecta el no lograr los permisos para el bloqueo y etiquetado, este proceso requiere una coordinación con el personal tanto de Mining S. A. como el personal de la minera Chinalco S. A.; para que se realice un rápido control del etiquetado y se logre el bloqueo de las áreas a intervenir.

Lo mismo sucede en el proceso principal del mantenimiento que es el cambio o reparación del motor eléctrico reportado por dañado, en principio se cambia los cables de fuerza y control que suelen ser fallas comunes que conllevan al reporte como equipo malogrado, si aún con este cambio el motor sigue sin operar en este proceso se cambia el motor eléctrico, con uno que se tiene para este fin, las reparaciones solo constan de cambiar los cables de fuerza y control, cualquier otro cambio o reparación se hace ya en el área específica realizando un mantenimiento preventivo, después de este análisis se ha visto por conveniente trabajar de ese modo porque de demorar más esta parte se podría terminar demorando más el proceso que como se ha visto, el proceso no es de un nivel de criticidad excesivo pero si causaría un retraso de no ser cumplido en el tiempo establecido.

5.2.2. El mantenimiento preventivo de motores en baja tensión

El objetivo de este procedimiento consiste en establecer los pasos necesarios e identificar los peligros, riesgos y medidas de control para realizar los trabajos de mantenimiento correctivo de motores en baja tensión de manera segura y eficaz, evitando incidentes, daños al personal y al medio ambiente o al proceso.

Esta actividad debe ser realizada por técnicos electricistas de Mainin. Supervisor electricista Mainin y Supervisor electricista de la empresa Contratante, para el caso de este presente caso, Supervisor de la minera Chinalco S. A. quien debe de coordinar esta actividad, tener el alcance de los puntos de conexión y desconexión; conocer la ubicación de los equipos a intervenir, solicitando pase a jefe de guardia.

Los pasos analizar son los siguientes:

- Movilización e inspección del área de trabajo.
- Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.
- Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.
- Bloqueo y etiquetado.
- Limpieza de la carcasa externa del motor.
- Pruebas eléctricas del motor.
- Absorción dieléctrica.
- Índice de polarización.
- Desbalance resistivo del motor.
- Pruebas eléctricas de aislamiento al cable de fuerza.
- Conexión del cable de fuerza al motor.
- Colocar la tapa de la caja del conexión del motor.
- Mantenimiento de la botonera de emergencia en campo.
- Desbloqueo, energización y pruebas del equipo.

Tabla 7. Análisis de criticidad del mantenimiento preventivo

N.º	Proceso	Probabilidad	Impacto	Criticidad
1	Movilización e inspección del área de trabajo.	4	3	12
2	Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.	1	3	3
3	Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.	1	3	3
4	Bloqueo y etiquetado.	3	4	12
5	Limpieza de la carcasa externa del motor	2	2	4
6	Pruebas eléctricas del motor	3	3	9
7	Absorción dieléctrica	4	4	16
8	Índice de polarización	4	4	16
9	Desbalance resistivo del motor	2	3	6
10	Pruebas eléctricas de aislamiento al cable de fuerza	2	2	4
11	Conexión del cable de fuerza al motor	2	2	4
12	Colocar la tapa de la caja del conexión del motor	2	2	4
13	Mantenimiento de la botonera de emergencia en campo	3	3	9
14	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo	2	1	2

Tras el análisis de la tabla 7 se puede graficar la siguiente figura:

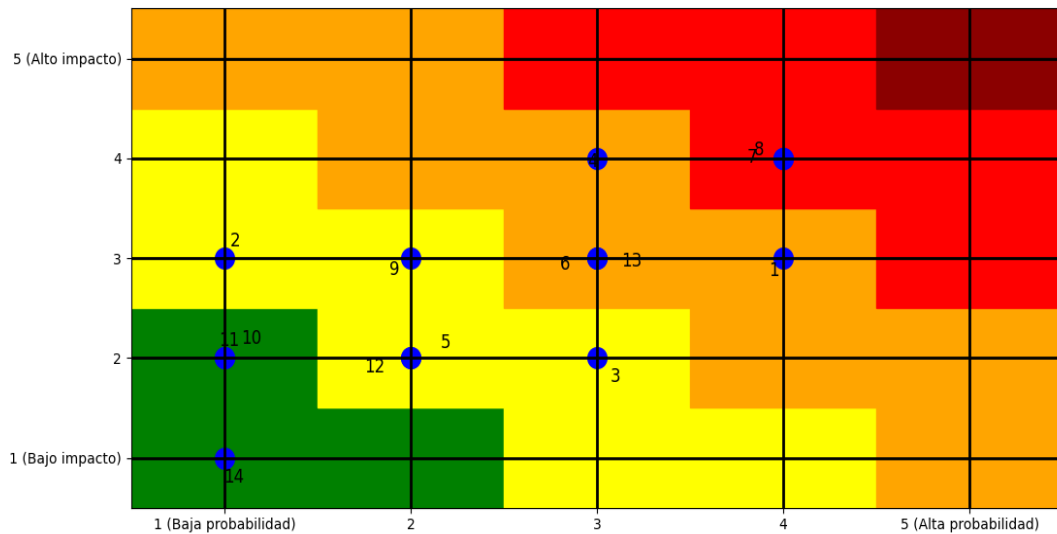


Figura 20. Matriz de criticidad para los procesos del mantenimiento preventivo

Conforme al caso de mantenimiento correctivo, los procesos de movilización e inspección del área de trabajo, así como el de bloqueo y etiquetado llevan a tener una importancia media por las mismas razones ya explicadas, el ingreso, delimitación e inspección del área y equipos a intervenir aumenta su relevancia debido a que para los mantenimientos preventivos se incluyen una mayor cantidad de equipos para los procedimientos de revisión eléctrica.

Existen dos procesos relacionados directamente con la medición de absorción dieléctrica e índice de polarización que durante su desarrollo se utiliza un megóhmetro, estas mediciones deben hacerse con personal calificado, con equipos calibrados, así también deberá realizarse tras cumplir con las recomendaciones que dice la norma IEEE 43, este procedimiento al tener los requisitos de materiales especializados y personal capacitado se vuelve crítico y se debe tener especial cuidado en el desarrollo.

5.3. Sistema de análisis de criticidad aplicado al mantenimiento

5.3.1. Definición

La empresa Mainin, como parte de sus actividades planifica y lleva a cabo mantenimientos en las paradas mayores de la minera Chinalco S. A.; para el presente informe se va tomar de referencia parte de la parada mayor realizada en mayo del 2024, a fin de llevar a cabo estos procesos de mantenimiento eficientemente y el cumplimiento en las fechas propuesta he desarrollado un software en Microsoft Excel, que tiene por finalidad crear las

gráficas de la curva S tanto para el avance del mantenimiento como seguimiento de la criticidad en dicho avance.

5.3.2. Diagrama de flujo

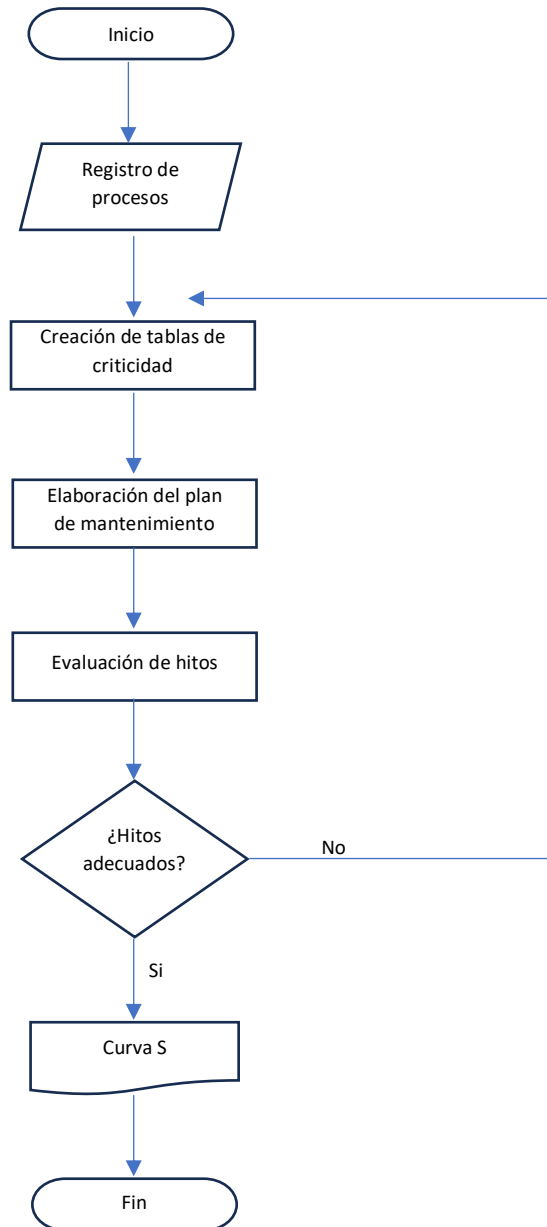


Figura 21. Secuencia del programa

El inicio del proceso de acuerdo con la figura 21, comienza con la creación de las tablas de criticidad conforme se pueden observar en las tablas 6 y 7, luego se analiza los mantenimientos a realizar, se genera los hitos conforme a la tabla 8, y se realiza la planificación como se observa en las tablas 9 y 10.

Tabla 8. Proyección para el avance del mantenimiento

Proyectado	
Hito 1	0 %
Hito 2	25 %
Hito 3	40 %
Hito 4	50 %
Hito 5	80 %
Hito 6	100 %

Tabla 9. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 9

N.º	Código	Descripción	Mantenimiento
1	205-FA-001-M1	RECLAM TUNNEL EXHAUST FAN	Preventivo
2	210-PP-006-M1	PEBBLE CRUSHER AREA SUMP PUMP 210-PP-006-M1	Preventivo
3	210-FA-002-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS OIL COOLER FAN	Correctivo
4	210-FA-003-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS OIL COOLER FAN	Preventivo
5	210-PP-040-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS PUMP	Preventivo
6	210-PP-041-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS PUMP	Correctivo
7	205-PP-002-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Correctivo
8	205-PP-001-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
9	205-PP-003-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
10	205-PP-004-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
11	210-PP-079-M1	PEBBLE CRUSHER HYDRAULIC UNIT PUMP 210-HP-003	Preventivo
12	210-PP-080-M1	PEBBLE CRUSHER HYDRAULIC UNIT PUMP 210-HP-004	Correctivo
13	205-PP-006-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
14	205-PP-005-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Correctivo

Tabla 10. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10

N.º	Código	Descripción	Mantenimiento
1	210-CV-004-M1	CONVEYOR	Preventivo
2	210-MA-002-M1	SELF CLEANING ELECTROMAGNET FOR COLLECT PEBBLE COLECT CONVEYOR 210-CV-004	Preventivo
3	210-CV-009-M1	BALL MILL BALLS TRANSFER CONVEYOR N°1	Correctivo
4	210-CV-010-M1	BALL MILL BALLS TRANSFER CONVEYOR N°2	Preventivo
5	210-PP-094-M1	SAG MILL FEED CONVEYOR REDUCER LUBE/COOLING PUMP	Preventivo
6	210-PP-090-M1	FIRE WATER PUMP	Correctivo
7	210-PP-008-M1	GRINDING AREA SUMERGIBLE PUMP	Correctivo
8	262-PP-003-M1	LOOP 1 SAFETY SHOWER PUMP	Preventivo
9	210-FA-073-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Correctivo
10	210-FA-074-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Preventivo

11	210-FA-075-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Preventivo
12	210-FA-076-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Correctivo
13	210-CV-001-M1	ALIMENTADOR DE FAJA TRANSPORTADORA MOLINO SAG	Preventivo

Finalmente se almacena la información conforme se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Planificación para el mantenimiento correctivo en la sala 10

N.º	Proceso	Criticidad	Avance	% criticidad
1	Movilización e inspección del área de trabajo.	12	100 %	12
2	Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.	3	100 %	3
3	Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.	3	100 %	3
4	Bloqueo y etiquetado.	12	100 %	12
5	Cambia de cables de fuerza y control. 210-FA-002-M1	8	100 %	8
6	Cambia de cables de fuerza y control. 210-PP-041-M1	8	100 %	8
7	Cambia de cables de fuerza y control. 205-PP-002-M1	8	100 %	8
8	Cambia de cables de fuerza y control. 210-PP-080-M1	8	100 %	8
9	Cambia de cables de fuerza y control. 205-PP-005-M1	8	100 %	8
10	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-FA-002-M1	12	100 %	12
11	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-PP-041-M1	12	100 %	12
12	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 205-PP-002-M1	12	100 %	12
13	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-PP-080-M1	12	100 %	12
14	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 205-PP-005-M1	12	100 %	12
15	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-FA-002-M1	2	100 %	2
16	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-PP-041-M1	2	100 %	2
17	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 205-PP-002-M1	2	100 %	2
18	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-PP-080-M1	2	100 %	2
19	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 205-PP-005-M1	2	100 %	2

5.3.3. Procesamiento

El inicio del proceso comienza con la creación de las tablas de criticidad conforme se pueden observar en las tablas 6 y 7, luego se analiza los mantenimientos a realizar, se genera los hitos conforme a la tabla 8, y se realiza la planificación como se observa en las tablas 9 y 10.

Con las tablas 9, 10 y 11 se termina de elaborar un aplicativo cuyo fin es dar seguimiento a los procesos que se desarrollan paso a paso durante los dos días asignados a estas funciones en la parada mayor, para este aplicativo se elaboró unas macros que permiten guardar los hitos luego de recibir la información debida.

Día	Proceso	Avance	Criticidad
1	Mantenimiento Correctivo - Sala 09	100%	0%
1	Mantenimiento Correctivo - Sala 10	0%	100%
2	Mantenimiento Preventivo - Sala 09	100%	0%
2	Mantenimiento Preventivo - Sala 10	0%	100%

Guardar Hito 1	Guardar Hito 2	Guardar Hito 3	Guardar Hito 4
Guardar Hito 5		Guardar Hito 6	

Figura 22. Ventana principal del aplicativo

Con estos hitos almacenados se logra crear las tablas que veremos en la aplicación que se ha desarrollado, entonces conforme se puede analizar de la tabla 12, que nos permite verificar todos los procesos que se desarrollan en el mantenimiento correctivo de la sala 9, solamente en la columna de Avance se ingresan los datos conforme nos entregaría uno de los técnicos en la sala correspondiente, esto involucra una comunicación y seguimiento oportuno para poder tener la información a tiempo.

Tabla 12. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10

N.º	Proceso	Criticidad	Avance	% criticidad
1	Movilización e inspección del área de trabajo.	12	100 %	12
2	Elaboración del Iperc y permisos correspondientes.	3	100 %	3
3	Ingreso, delimitación e inspección de área y equipos a intervenir.	3	100 %	3
4	Bloqueo y etiquetado.	12	100 %	12
5	Cambia de cables de fuerza y control. 210-FA-002-M1	8	100 %	8
6	Cambia de cables de fuerza y control. 210-PP-041-M1	8	100 %	8
7	Cambia de cables de fuerza y control. 205-PP-002-M1	8	100 %	8
8	Cambia de cables de fuerza y control. 210-PP-080-M1	8	100 %	8
9	Cambia de cables de fuerza y control. 205-PP-005-M1	8	100 %	8
10	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-FA-002-M1	12	100 %	12
11	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-PP-041-M1	12	100 %	12

12	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 205-PP-002-M1	12	100 %	12
13	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 210-PP-080-M1	12	100 %	12
14	Reparación o Cambio de motor eléctrico de baja tensión. 205-PP-005-M1	12	100 %	12
15	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-FA-002-M1	2	100 %	2
16	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-PP-041-M1	2	100 %	2
17	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 205-PP-002-M1	2	100 %	2
18	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 210-PP-080-M1	2	100 %	2
19	Desbloqueo, energización y pruebas del equipo. 205-PP-005-M1	2	100 %	2

Conforme se puede observar en la tabla 12, se debe etiquetar los procesos independientes con los códigos correspondientes por área que se suelen solicitar en el proceso de preparación del mantenimiento, proceso que también es importante para el desarrollo general de todo el mantenimiento en parada mayor.

5.3.4. Reporte

Se elaboran tablas separando las acciones comunes para todos los motores y también para todos los eventos independientes en cada motor, conforme se puede observar en la tabla 12, esto corresponde a los equipos a realizar el mantenimiento correctivo de motores de baja tensión en la sala 9 (tabla 10), de esa manera se empieza hacer el seguimiento de todos los procesos, en la figura 23 se muestra la curva S del avance durante el proceso de mantenimiento en la sala 9, se puede observar que se mantuvo un avance constante solo para el final del día en el hito 5, se está por debajo de la meta, sin embargo habría que observar los resultados de la figura 24 donde se observa que a pesar de ese retraso nunca se estuvo debajo de la criticidad proyectada.

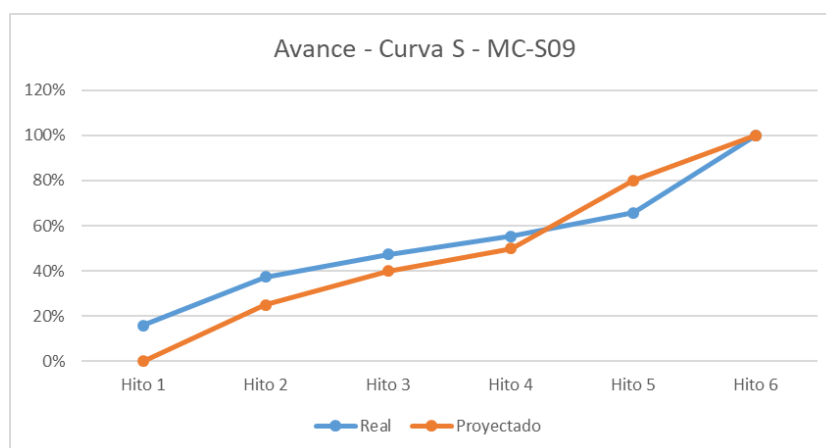


Figura 23. Modelo curva S de avance

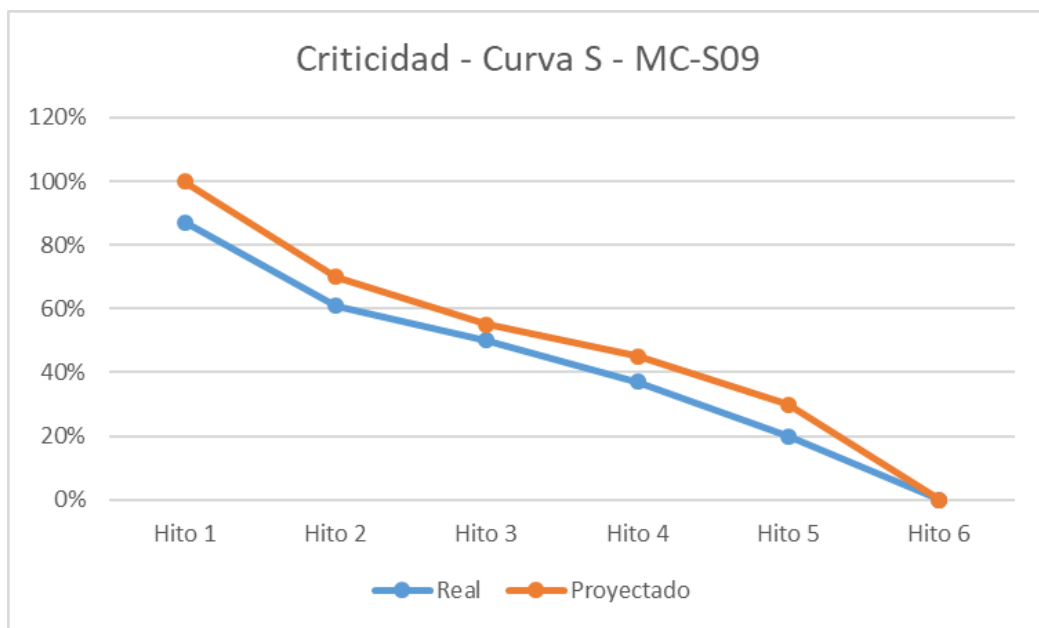


Figura 24. Modelo curva S de criticidad

Para el mantenimiento preventivo, se observa también las dos curvas S desarrolladas, sin embargo, como se ve en la figura, nunca se llegó a estar dentro de lo proyectado en cuestión de avance, sin embargo, gracias al análisis de criticidad nunca se tuvo que recurrir a exigir mayor avance o enviar más personal, porque durante el desarrollo se iba ejecutando las tareas más críticas primero y eso mantuvo la criticidad dentro de lo proyectado, conforme se ve en la figura 25.

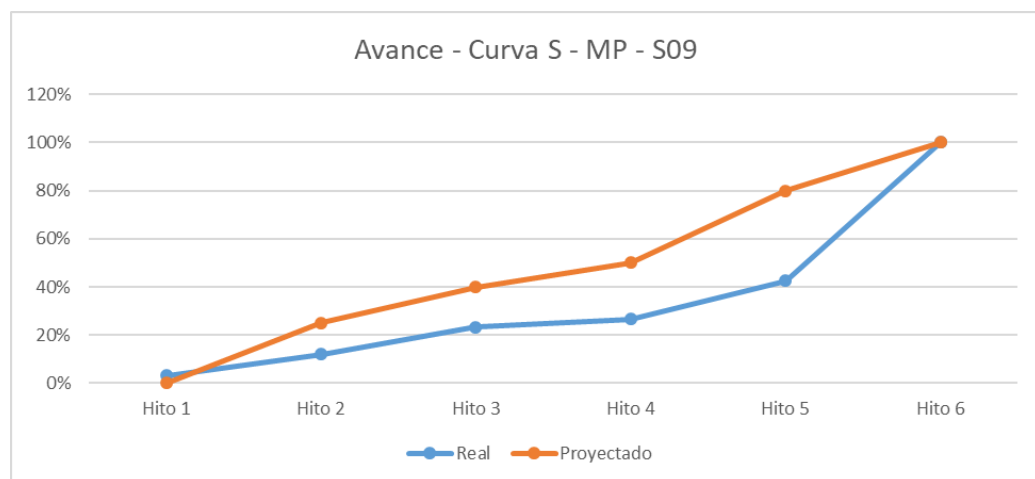


Figura 25. Modelo curva S de criticidad

En la figura 26 se observa la criticidad del proceso de mantenimiento preventivo en la sala 9, se entiende que durante este mantenimiento se ha desarrollado los procesos más críticos con mayor eficiencia, así a pesar de que el avance parece no ser suficiente durante todo el

proceso el análisis de criticidad nos permitió mantener las cuadrillas sin alteración porque no se llegó a estar en ningún momento en un estado crítico.

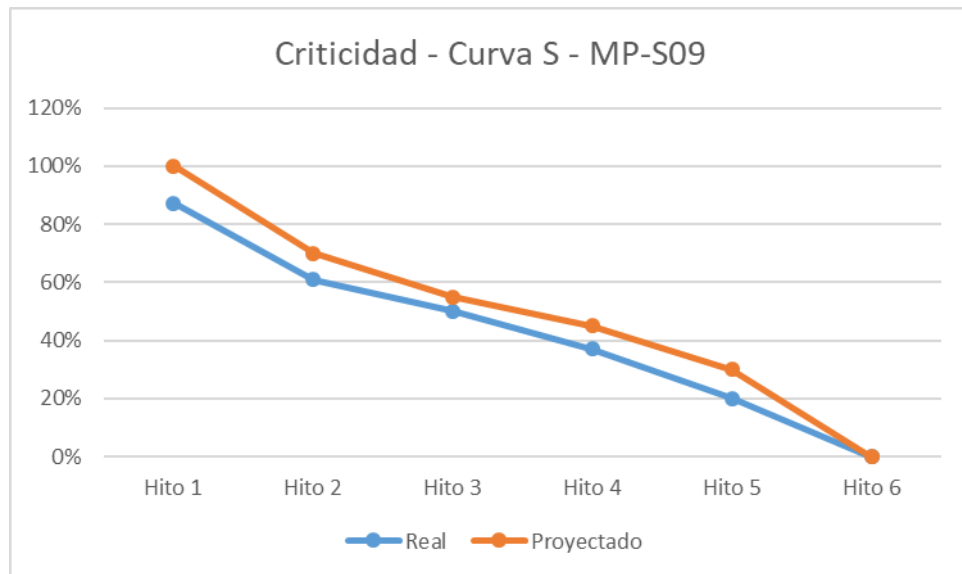


Figura 26. Curva S de criticidad

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. Plan de mejora usando el análisis de criticidad en mantenimiento mayor en la minera Chinalco S. A.

La empresa Mainin, como parte de sus actividades planifica y lleva a cabo mantenimientos en las paradas mayores de la minera Chinalco S. A.; para el presente informe se va a tomar de referencia parte de la parada mayor realizada en mayo del 2024, para ejemplificar el uso de esta herramienta desarrollada.

Se ha utilizado la Curva S para aplicarlo en la revisión del proyecto, se va considerar el mantenimiento en las salas 9 y 10 de un total de 27 motores de baja tensión en el seguimiento de una cuadrilla de 4 técnicos electricistas, conforme a los procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS) se van a realizar las actividades de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo; se ha planificado realizar cada sala en un día de trabajo, la cuadrilla encargada de esta actividad está conformada por un Supervisor Operativo, Supervisor Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA), un técnico electricista líder, tres técnicos electricistas de apoyo.

Para la supervisión del trabajo se ha considerado 6 puntos de control o hitos durante cada día, como se observa en la tabla 13, donde se tiene el avance porcentual del mantenimiento realizado.

Tabla 13. Proyección para el avance del mantenimiento

Proyectado	
Hito 1	0 %
Hito 2	25 %
Hito 3	40 %

Hito 4	50 %
Hito 5	80 %
Hito 6	100 %

En la tabla 14 se tiene la criticidad que va desde 100 % hasta el 0 %; el proyecto disminuye su criticidad a medida que se desarrollan los procesos más críticos dentro de cada mantenimiento que ya fueron analizados en tablas anteriores, de ese modo un proyecto podría tener un buen avance, pero debemos verificar que los procesos realizados correspondan a los trabajos más críticos, para de esa manera también poner prioridad a ello.

Tabla 14. Proyección de la criticidad en el mantenimiento

Proyectado	
Hito 1	100 %
Hito 2	70 %
Hito 3	55 %
Hito 4	45 %
Hito 5	30 %
Hito 6	0 %

Se han definido 6 hitos a revisar que estarán programados a supervisar cada hora y media a fin de no desviarse de los objetivos proyectados, en la tabla 15 se muestran los Motores de baja tensión planificados el mantenimiento en la sala 9.

Tabla 15. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 9

N.º	Código	Descripción	Mantenimiento
1	205-FA-001-M1	RECLAM TUNNEL EXHAUST FAN	Preventivo
2	210-PP-006-M1	PEBBLE CRUSHER AREA SUMP PUMP 210-PP-006-M1	Preventivo
3	210-FA-002-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS OIL COOLER FAN	Correctivo
4	210-FA-003-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS OIL COOLER FAN	Preventivo
5	210-PP-040-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS PUMP	Preventivo
6	210-PP-041-M1	PEBBLE CRUSHER LUBRICATION SYSTEMS PUMP	Correctivo
7	205-PP-002-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Correctivo
8	205-PP-001-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
9	205-PP-003-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
10	205-PP-004-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
11	210-PP-079-M1	PEBBLE CRUSHER HYDRAULIC UNIT PUMP 210-HP-003	Preventivo
12	210-PP-080-M1	PEBBLE CRUSHER HYDRAULIC UNIT PUMP 210-HP-004	Correctivo
13	205-PP-006-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Preventivo
14	205-PP-005-M1	APRON FEEDER HYDRAULIC PUMP	Correctivo

En la tabla 16 se observa la lista de los motores de baja tensión a recibir mantenimiento durante el proceso de la parada mayor, considerando el análisis presentado en las tablas 13 y

14; debemos considerar que la encontrarse estos motores en una misma sala los procesos 1, 2, 3 y 4 se realizan una única vez para todos los motores de la misma sala.

Tabla 16. Motores de baja tensión planificados para el mantenimiento en la sala 10

N.º	Código	Descripción	Mantenimiento
1	210-CV-004-M1	CONVEYOR	Preventivo
2	210-MA-002-M1	SELF CLEANING ELECTROMAGNET FOR COLLECT PEBBLE COLECT CONVEYOR 210-CV-004	Preventivo
3	210-CV-009-M1	BALL MILL BALLS TRANSFER CONVEYOR N°1	Correctivo
4	210-CV-010-M1	BALL MILL BALLS TRANSFER CONVEYOR N°2	Preventivo
5	210-PP-094-M1	SAG MILL FEED CONVEYOR REDUCER LUBE/COOLING PUMP	Preventivo
6	210-PP-090-M1	FIRE WATER PUMP	Correctivo
7	210-PP-008-M1	GRINDING AREA SUMERGIBLE PUMP	Correctivo
8	262-PP-003-M1	LOOP 1 SAFETY SHOWER PUMP	Preventivo
9	210-FA-073-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Correctivo
10	210-FA-074-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Preventivo
11	210-FA-075-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Preventivo
12	210-FA-076-M1	HYDROCYCLONE FEED PUMPS REDUCER COOLER FANS	Correctivo
13	210-CV-001-M1	ALIMENTADOR DE FAJA TRANSPORTADORA MOLINO SAG	Preventivo

Se elaboran tablas separando las acciones comunes para todos los motores y también para todos los eventos independientes en cada motor, de esa manera se empieza hacer el seguimiento de todos los procesos, en la figura 27 se muestra la curva S del avance durante el proceso de mantenimiento en la sala 9, se puede observar que se mantuvo un avance constante; solamente al final del día en el hito 5 se tiene un avance por debajo de la meta, sin embargo, observando los resultados de la figura 28 se tiene que a pesar de ese retraso siempre se estuvo por debajo de la criticidad proyectada, es decir, las actividades críticas que garantizan el cumplimiento del mantenimiento están avanzando mejor que lo proyectado.

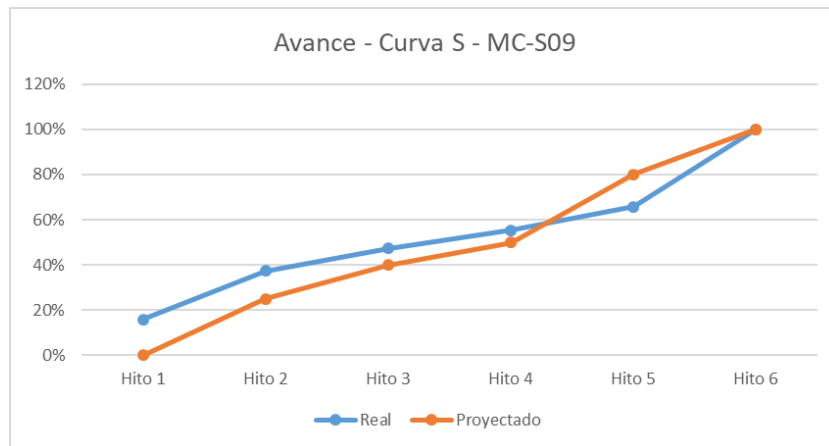


Figura 27. Curva S de avance

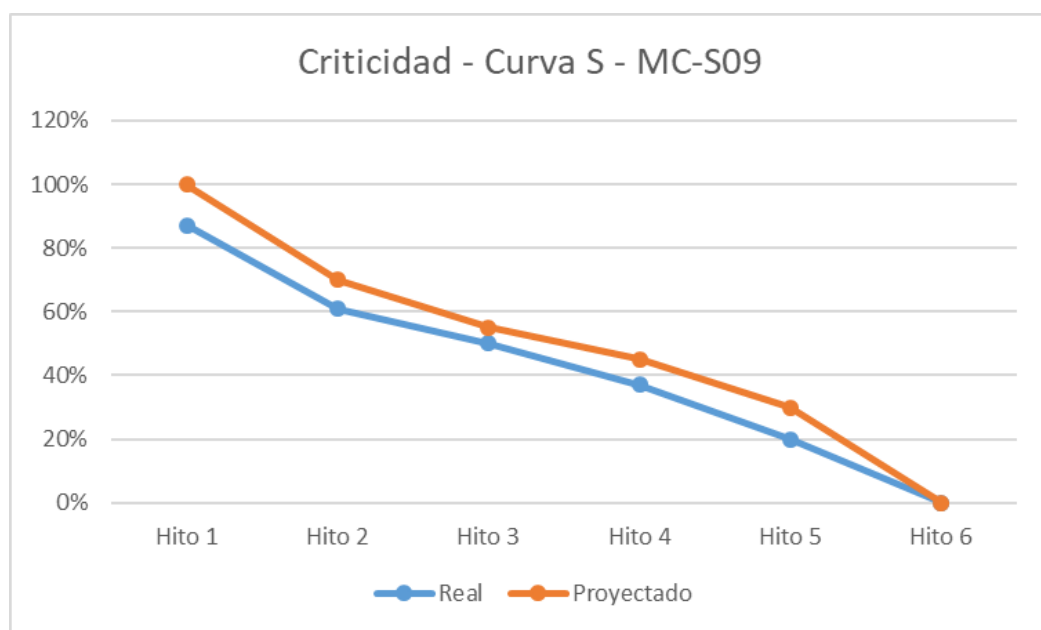


Figura 28. Curva S de criticidad

Para el mantenimiento preventivo, se observa también las dos curvas S desarrolladas, sin embargo, como se ve en la figura, nunca se llegó a estar dentro de lo proyectado en cuestión de avance, sin embargo, gracias al análisis de criticidad nunca se tuvo que recurrir a exigir mayor avance o enviar más personal, porque durante el desarrollo se iba ejecutando las tareas más críticas primero y eso mantuvo la criticidad dentro de lo proyectado, conforme se ve en la figura 29.

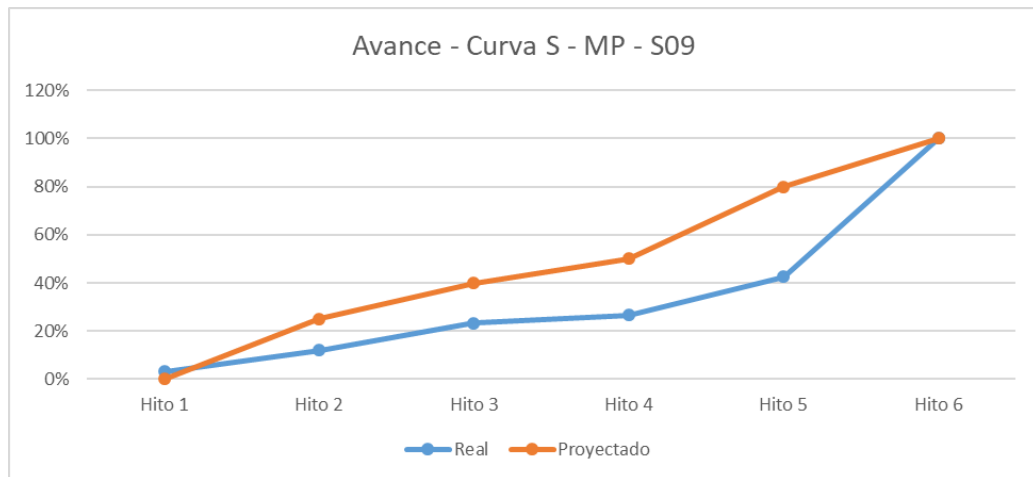


Figura 29. Curva S de criticidad

En la figura 14 se observa la criticidad del proceso de mantenimiento preventivo en la sala 9, se entiende que durante este mantenimiento se ha desarrollado los procesos más críticos con mayor eficiencia, así a pesar de que el avance parece no ser suficiente durante todo el proceso el análisis de criticidad nos permitió mantener las cuadrillas sin alteración porque no se llegó a estar en ningún momento en un estado crítico.

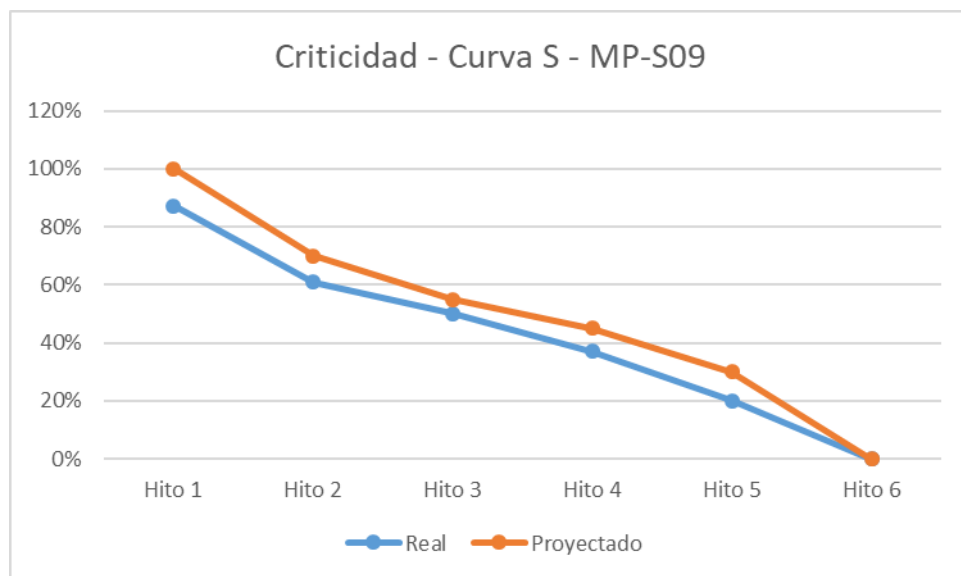


Figura 30. Curva S de criticidad

6.2. Logros alcanzados

La empresa Mainin, como parte de sus actividades planifica y lleva a cabo mantenimientos en las paradas mayores de la minera Chinalco S. A.; para el presente informe se toma como referencia, parte de la parada mayor realizada en mayo del 2024, para ejemplificar el uso de esta herramienta desarrollada.

En principio se puede analizar la disponibilidad y los costos efectuados en el mantenimiento, el cual como se puede observar en el siguiente grafico son menores a los programados con una disponibilidad de 100 %, lo que demuestra el aprovechamiento de los recursos tiempo y costo ya que también se redujo en un 9.09 % con respecto al programado.

Tabla 17. Descripción de actividades

Descripción de la Actividad	Costo	Programado		Aplicando análisis de criticidad		
	\$/hora	Horas	Costo \$	Horas	Costo \$	Diferencia \$
Elaboración de documentos de gestión	14	0.5	7	0.3	4.67	-2.33
Bloqueo y etiquetado de equipos	14	1.5	21	1.3	18.67	-2.33
Revisión de conexión de cables de alimentación	14	3	42	3	42	0
Limpieza de carcasa de motor eléctrico	14	1.5	21	1.2	16.33	-4.67
Pruebas de aislamiento	14	2.5	35	2.5	35	0
Ajuste de terminales de fuerza	14	1	14	0.7	9.33	-4.67
Hermetizado de la caja de conexiones	14	1	14	1	14	0
Total		11	154	10	140	-14
Disponibilidad de mantenimiento				100 %		
Costo de mantenimiento				-9.09 %		

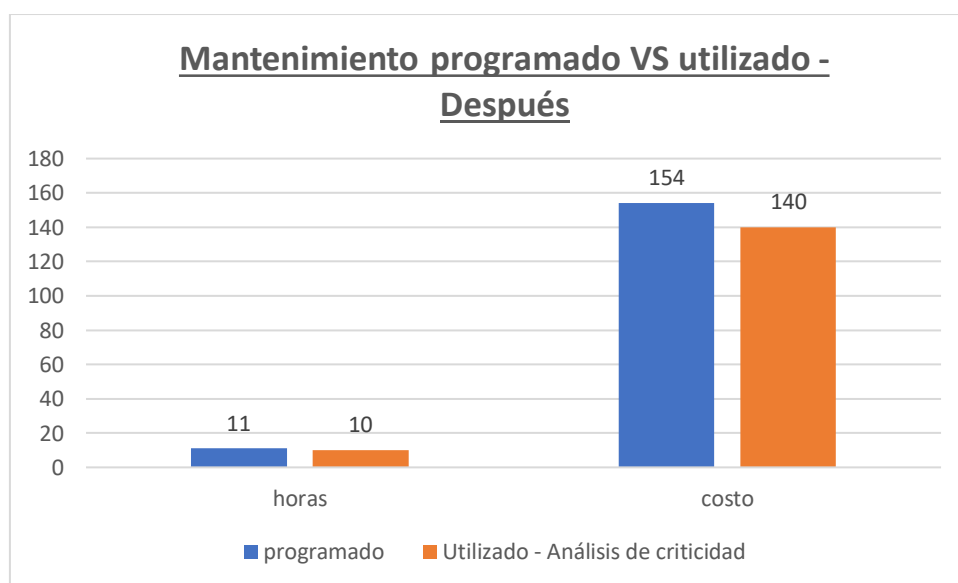


Figura 31. Mantenimiento programado vs. utilizado - después

Dentro de la función desempeñada el logro más importante que se puede resaltar es el hecho de cumplir con los tiempos establecidos tomando las mejores decisiones, con la ayuda del software desarrollado se ha logrado hacer un seguimiento preciso y sin apresurar las decisiones, en las figuras 21 y 22 se ha mostrado que el avance no era el adecuado o el planificado, sin embargo, al estar el desarrollo dentro de la criticidad esperada se ha mantenido el mismo grupo de trabajo. Con ello se ha logrado mantener la confianza en el personal, no incurrir a mayores gastos.

Entre los logros más destacados se tiene que se logró mejorar la gestión del mantenimiento en parada mayor, esto se concluye a partir de que se demostró que la implementación de la metodología del análisis de criticidad optimizar el tiempo y los recursos disponibles para el mantenimiento.

Los tiempos de las actividades de mantenimiento en parada mayor se redujeron considerablemente, antes de la implementación del análisis de criticidad, los tiempos eran superiores a lo programado, ahora, después de la implementación no solo son menores, sino que son inferiores a lo programado, es decir se tuvo un beneficio para la empresa que realiza el mantenimiento.

Otro logro importante es la reducción de costos en el proceso de mantenimiento en parada mayor; antes de la implementación del análisis de criticidad, los costos reales superaban a lo programado; en cambio, después de la implementación los costos no solo son menores, sino que son inferiores a lo programado, lo cual es muy beneficioso para la empresa que realiza el servicio mantenimiento.

Tabla 18. Evaluación del tiempo empleado con la metodología tradicional y el análisis de criticidad

Descripción de la actividad	Programado	Tiempo en minutos			
		Metodología tradicional		Aplicando análisis de criticidad	
		Real	Diferencia	Real	Diferencia
Elaboración de documentos de gestión	30	30	0	20	-10
Bloqueo y etiquetado de equipos	90	90	0	80	-10
Revisión de conexión de cables de alimentación	180	190	10	180	0
Limpieza de carcasa de motor eléctrico	90	100	10	70	-20
Pruebas de aislamiento	150	160	10	150	0
Ajuste de terminales de fuerza	60	60	0	40	-20
Hermetizado de la caja de conexiones	60	80	20	60	0
Total	660	710	50	600	-60

Ahorro por cuadrilla: 60 minutos
Ahorro por todas las cuadrillas: 2 040 minutos
Ahorro por todas las cuadrillas: 34 horas
Porcentaje de ahorro por todas las cuadrillas: 9,09 %

A partir de los datos mostrados en la tabla 17, se observa que utilizando el método tradicional de gestión del mantenimiento en parada mayor los tiempos fueron mayores que lo programado, en cambio, aplicando el análisis de criticidad, se tienen tiempos menores y además se pueden realizar las tareas en menor tiempo que lo programado, comparando con este último se tiene que cada cuadrilla tiene en promedio un ahorro de 60 minutos y en todos los motores que se hicieron mantenimiento se tiene un ahorro de 34 horas.

Tabla 19. Evaluación económica con la metodología tradicional y el análisis de criticidad

Descripción de la Actividad	Costo \$/hora	Programado		Metodología tradicional			Aplicando análisis de criticidad		
		Hora	Costo \$	Hora	Costo \$	Diferencia \$	Hora	Costo \$	Diferencia \$
Elaboración de documentos de gestión	14.00	0.5	7.00	0.5	7.00	0.00	0.3	4.67	-2.33
Bloqueo y etiquetado de equipos	14.00	1.5	21.00	1.5	21.00	0.00	1.3	18.67	-2.33
Revisión de conexionado de cables de alimentación	14.00	3.0	42.00	3.2	44.33	2.33	3.0	42.00	0.00
Limpieza de carcasa de motor eléctrico	14.00	1.5	21.00	1.7	23.33	2.33	1.2	16.33	-4.67
Pruebas de aislamiento	14.00	2.5	35.00	2.7	37.33	2.33	2.5	35.00	0.00
Ajuste de terminales de fuerza	14.00	1.0	14.00	1.0	14.00	0.00	0.7	9.33	-4.67
Hermetizado de la caja de conexiones	14.00	1.0	14.00	1.3	18.67	4.67	1.0	14.00	0.00
Total		11.0	154.00	11.8	165.67	11.67	10.0	140.00	-14.00
Ahorro por cuadrilla: \$ 14,00									
Ahorro por todas las cuadrillas utilizadas: \$ 476,00									
Porcentaje de ahorro por todas las cuadrillas: 9,09 %									

A partir de los datos mostrados en la tabla 18, se observa que utilizando el método tradicional de gestión del mantenimiento en parada mayor los costos por honorarios de los cuatro trabajadores que integran la cuadrilla en promedio son superiores a lo programado en \$ 11,67; sin embargo, aplicando el análisis de criticidad, se tienen costos menores y además se puede realizar el mantenimiento con un costo menor que lo programado, comparando con este último se tiene que cada cuadrilla tiene en promedio un ahorro de \$ 14,00 y en todos los motores que se hicieron mantenimiento se tiene un ahorro de \$ 476,00.

Tabla 20. Evaluación del tiempo de inactividad con la metodología tradicional y el análisis de criticidad

Descripción de la actividad	Tiempo de inactividad en minutos		
	Metodología tradicional	Aplicando análisis de criticidad	Disminución
Elaboración de documentos de gestión	0	0	0
Bloqueo y etiquetado de equipos	0	0	0
Revisión de conexión de cables de alimentación	10	0	10
Limpieza de carcasa de motor eléctrico	10	0	10
Pruebas de aislamiento	5	0	5
Ajuste de terminales de fuerza	5	0	5
Hermetizado de la caja de conexiones	5	0	5
Total	35	0	35
Disminución por cuadrilla: 35 minutos			
Disminución por todas las cuadrillas utilizadas: 1190 minutos			
Porcentaje de ahorro por todas las cuadrillas: 5,30 %			

A partir de los datos mostrados en la tabla 19, se observa que utilizando el método tradicional de gestión del mantenimiento en parada mayor, se tienen tiempos de inactividad en diferentes labores debido a los trabajos en paralelo que realiza la propia; sin embargo, aplicando el análisis de criticidad estos tiempos de inactividad se eliminan como consecuencia de una mejor coordinación y priorización de actividades; con lo cual se logra disminuir 1190 minutos de tiempo de inactividad el cual representa el 5,30 % del tiempo total empleado en el desarrollo de las diferentes actividades.

Finalmente, se puede observar un comparativo en la siguiente tabla:

Tabla 21. Antes y después del análisis de criticidad

Metodología	Disponibilidad
Tradicional	92.73 %
Aplicando análisis de criticidad	100.00 %
Diferencia	7.27 %

Como se puede observar se logró aprovechar al máximo la disponibilidad del mantenimiento, incrementando en 7.27 % con respecto a la utilización del método tradicional, lo cual representa una disminución en costos de mantenimiento.

CONCLUSIONES

- La implementación exitosa del análisis de criticidad valida competencias clave de la Ingeniería Industrial, ya que permitió optimizar el uso de los recursos humanos y financieros, reduciendo los tiempos de inactividad en un 5.30 % e incrementando la disponibilidad de mantenimiento en un 7.27 %. Este resultado refleja la aplicación de habilidades en análisis cuantitativo de datos, gestión de proyectos y liderazgo en la coordinación de actividades complejas, competencias centrales de la profesión.
- El uso del análisis de criticidad por cada actividad mediante el *software* diseñado en Ms-Excel, favoreció la gestión del mantenimiento de los motores en parada mayor porque ayudó a priorizar las actividades que son de mayor importancia en todo el proceso de mantenimiento, permitió un monitoreo permanente y el cumplimiento con la totalidad de trabajos en el tiempo programado, con un menor costo, es decir de forma eficiente; reduciendo los costos en un 9.09 % gracias a las habilidades adquiridas en la carrera de Ingeniería Industrial, específicamente en las asignaturas de gestión de proyectos, análisis cuantitativo y uso de herramientas tecnológicas.
- La metodología implementada permitió ahorrar en promedio 60 minutos por cuadrilla de trabajo y un total de 2040 minutos (34 horas) en todo el proceso de mantenimiento. Este logro demuestra la capacidad del ingeniero industrial para optimizar procesos, eliminar actividades de bajo valor agregado y maximizar la eficiencia operativa, competencias propias de la disciplina.
- El uso del análisis de criticidad también generó un ahorro económico promedio de 14,00 dólares por cuadrilla y un ahorro total de 476,00 dólares en toda la intervención. Este resultado refleja la aplicación práctica de las competencias en gestión de costos, control presupuestal y análisis de rentabilidad de proyectos, pilares en la formación de Ingeniería Industrial.
- El uso del análisis de criticidad por cada actividad mediante el software diseñado en Ms-Excel, favoreció la gestión del mantenimiento de los motores en parada mayor se logró una disminución del tiempo de inactividad en 1190 minutos en todo el proceso de mantenimiento.

- Se concluyó de forma satisfactoria el mantenimiento de 120 motores en baja tensión de toda la planta de Minera Chinalco S. A., de los cuales el 70 % tuvo un mantenimiento preventivo y el 30 % tuvo mantenimiento correctivo, aplicando los PETS (procedimientos escritos de trabajo seguro) diseñados previamente; logrando un mantenimiento eficiente que garantiza la continuidad del proceso productivo de la planta.

RECOMENDACIONES

- Utilizar el método del análisis de criticidad: en todos los proyectos de mantenimiento que involucren actividades críticas y no críticas, de esta forma se logra cumplir con los plazos establecidos a un menor costo.
- Realizar capacitación continua: implementar programas permanentes de formación para los trabajadores en nuevas tecnologías aplicadas al mantenimiento de equipos eléctricos, incluyendo el uso adecuado de equipos de medición y aspectos vinculados con la seguridad eléctrica.
- Actualizar procedimientos: revisar y actualizar los procedimientos de trabajo seguro en cada parada de planta, adaptándolos a las condiciones del campo. Este proceso debe involucrar tanto a supervisores como a trabajadores, integrando sus experiencias y necesidades.
- Evaluar procesos: analizar el desempeño de los nuevos diagramas de flujo del ciclo de mantenimiento mediante la metodología de análisis de criticidad, estableciendo reuniones periódicas orientadas a la aplicación de mejoras continuas en dichos procesos.
- Realizar coordinaciones: con el área mecánica antes de iniciar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, para reprogramar de ser el caso, las actividades del mantenimiento eléctrico que se realizan en paralelo con las del mantenimiento mecánico y así evitar demoras o pérdidas de tiempo.

REFERENCIAS

1. **MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto.** *Mantenimiento: planeación, ejecución y control.* México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2009. ISBN 978-958-682-769-0.
2. **PERDOMO, Alexander Castillo, CARREÑO, Franyelit Suárez-, NÚÑEZ, Luis Eduardo García, MAMANI, Antonia Quispe, MANRIQUE, Eva Elizabeth Tejada and LÓPEZ, José Manuel Calizaya.** Strategic Management Plan for Maintenance in Mining Companies As A Form of Technological Innovation. *International Journal of Membrane Science and Technology*. 21 June 2023. Vol. 10, no. 2, p. 395–410. DOI 10.15379/ijmst.v10i2.1212.
3. **MEDRANO MÁRQUEZ, José Á. and GONZÁLEZ AJUECH, Víctor L.** *Mantenimiento.* Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2017. ISBN 978-607-744-709-2.
4. **PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto and CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo.** *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestión de activos: desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión del mantenimiento (MGM).* Sevilla : Ingeman Edición Digital Atres, 2012. ISBN 978-84-95499-67-7.
5. **GARCÍA GARRIDO, Santiago.** *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial.* Reimp. Madrid : Díaz de Santos, 2017. ISBN 978-84-7978-548-2.
6. **DA SILVA, Renan Favarão, MELANI, Arthur Henrique De Andrade, MICHALSKI, Miguel Angelo De Carvalho and DE SOUZA, Gilberto Francisco Martha.** Reliability and Risk Centered Maintenance: A Novel Method for Supporting Maintenance Management. *Applied Sciences*. 23 September 2023. Vol. 13, no. 19, p. 10605. DOI 10.3390/app131910605.
7. **KERZNER, Harold.** *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling.* Thirteenth edition. Hoboken, New Jersey : Wiley, 2022. ISBN 978-1-119-80537-3. HD69.P75 K47 2022
8. **SZÓSTAK, Mariusz, STACHOŃ, Tomasz and KONIOR, Jarosław.** Course of Cumulative Cost Curve (CCCC) as a Method of CAPEX Prediction in Selected Construction Projects. *Applied Sciences*. 27 June 2024. Vol. 14, no. 13, p. 5597. DOI 10.3390/app14135597.
9. **PERL, JEFFERY P.** *Sustainability Engineering for enhanced process design and manufacturing profitability.* Springer, [no date]. ISBN 978-3-031-52363-2.
10. **DOUNCE VILLANUEVA, Enrique.** *La productividad en el mantenimiento industrial.* Grupo Editorial Patria, 2015. ISBN 978-607-438-924-1.

11. **WILDI, Théodore.** *Electrical machines, drives, and power systems*. 6th ed. Upper Saddle River, N.J : Pearson Prentice Hall, 2006. ISBN 978-0-13-177691-3. TK2182 .W53 2006
12. **IEEE Standards Association.** *IEEE Standards Association*. Online. [Accessed 14 October 2024]. Available from: <https://standards.ieee.org/ieee/43/4791/>
13. **WARNER, Jon.** *Toma de decisiones y solución de problemas: perfil de competencias*. Madrid: Editorial Universitaria, 2019. ISBN 978-84-9961-337-6
14. **BACA, Gabriel.** *Introducción a la ingeniería industrial*. México D. F.: Grupo Editorial Patria, 2014. ISBN 978-607-438-919-7.
15. **ALCALDE, Pablo.** *Calidad: fundamentos, herramientas y gestión de la calidad para pymes*. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2019. ISBN: 978-84-283-4283-4.

ANEXOS

ANEXO 1
FORMATOS DE POLÍTICAS DE TRABAJO DE LA EMPRESA

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ S.R.L.	CODIGO: FO-GG-01
	POLITICA DE CALIDAD, SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 02	PAGINA 1 de 1

MAININ empresa dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento y desarrollo proyectos eléctrico/instrumentación, mecánico y civiles brinda a sus socios estratégicos servicios con altos estándares de calidad, seguridad y salud ocupacional.

Por esta razón Mainin se compromete a:

- Promover e integrar la gestión de seguridad y salud en todos los procesos operativos y administrativos desarrollados como parte de nuestras actividades.
- Contar con un sistema integrado de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente. Basada en la identificación continua del peligro, evaluación de los riesgos e implementación oportuna de controles. Incluyendo la identificación, valoración y controles para los aspectos ambientales significativos.
- Cumplir con los requisitos legales, normas internas y otros requisitos vigentes aplicables a la gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Mantener un proceso de mejora continua del desempeño del Sistema de Gestión de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Fomentar una cultura de prevención y autocuidado y respeto por el medio ambiente, a través del entrenamiento y la capacitación.

Todos los trabajadores de la Empresa se comprometen a inculcar y mantener la cultura de prevención y practicarla en su vida diaria a través de la proactividad y del cumplimiento de los procedimientos, normas y de la legislación vigente.

Lima, Enero del 2018


Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

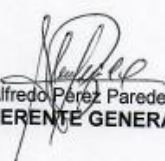
	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ	CODIGO: FO-GG-02
	POLITICA DE NEGATIVA A REALIZAR UN TRABAJO INSEGURO	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 01	PAGINA 1 de 1

En MAININ la seguridad y salud de sus colaboradores es un valor primordial para el desarrollo de sus actividades. Por tal motivo, cuando existan situaciones que atenten contra su integridad física y/o mental de manera inminente y/o potencial, o que implique la omisión o violación de normas seguras de trabajo, tiene el derecho y la obligación de suspender o negarse a realizar cualquier actividad o tarea.

Es deber del colaborador retirarse de cualquier zona de riesgo inminente o potencial para garantizar su seguridad o salud, dando aviso claro al supervisor y/o jefe inmediato para investigar el problema y asegurar que las condiciones inseguras sean corregidas a la brevedad.

MAININ reconoce y respeta esta decisión y garantiza que no será sancionado por ello, en salvaguarda de la integridad física y emocional de su personal.

Lima, enero del 2018


 Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ	CODIGO: FO-GG-03
	POLITICA DE ALCOHOL Y DROGAS	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 01	PAGINA 1 de 1

Con el propósito de velar por la salud y la protección de todos sus colaboradores, así como proporcionar un lugar seguro de trabajo, MAININ prohíbe el consumo, la producción, tenencia, distribución, comercialización de bebidas alcohólicas, drogas y otros estupefacientes en cualquier área de trabajo o en las rutas desde y hacia las mismas.

Así mismo, los colaboradores de MAININ, en ninguna circunstancia podrán realizar actividades bajo el efecto de estas sustancias y en caso se requiera están en la obligación de presentarse y participar en las investigaciones correspondientes.

Para el cumplimiento de esta política, MAININ se compromete a:

- **Proveer y divulgar** información educativa y de concientización para prevenir el consumo de bebidas alcohólicas, drogas u otros estupefacientes.
- **Realizar** en cualquier momento pruebas de alcoholemia y de consumo de drogas respetando la dignidad y privacidad de los trabajadores y manejando confidencialmente toda la información respectiva.
- **Someter** a todos los colaboradores que no cumplan esta política a acciones disciplinarias, pudiendo llegar inclusive al retiro de la empresa.
De negarse a realizar las pruebas de alcohol o drogas se considerará como admisión de culpa.
- **Reportar** a los gerentes, jefes y residentes (antes del inicio de sus funciones), el consumo de toda medicación o droga que le haya sido indicada durante sus días libres o luego de un descanso médico, ello debido a los riesgos de seguridad y salud que puedan representar estos tratamientos, en especial cuando se asocia a efectos secundarios como somnolencia, mareos, visión borrosa, entre otros.

El uso de alcohol y drogas que puedan afectar la seguridad, el desempeño en el trabajo o que puedan perjudicar la salud del empleado, deberá ser tomado como falta grave de conducta, como una seria violación a esta política y causa de acción disciplinaria incluyendo posible despido del empleado.

Lima, enero del 2018

Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ	CODIGO: FO-GG-04
	POLITICA DISCIPLINARIA	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 01	PAGINA 1 de 1

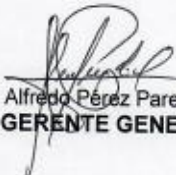
MAININ, busca promover una cultura de disciplina basada en la responsabilidad individual, por la cual suscribe la presente política asumiendo los siguientes compromisos:

- **Promover** el correcto comportamiento de todos los trabajadores de la organización.
- **Velar** porque se cumplan las reglas y normas internas establecidas.
- **Sancionar** en base a la ocurrencia de la falta, sin embargo, su aplicación también deberá tomar en consideración la circunstancia en que se cometió la infracción, la actitud del trabajador frente a la falta cometida, así como la gravedad del mismo.
- **Sustentar** toda medida disciplinaria para generar un clima de justicia y equidad.

Las medidas disciplinarias que se aplicaran basadas en nuestro reglamento interno de trabajo son:

- Amonestación Verbal.
- Amonestación Escrita.
- Suspensión Laboral.
- Despido.

Lima, enero del 2018


 Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ	CODIGO: FO-GG-05
	POLITICA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 01	PAGINA 1 de 1

En la política institucional se define la responsabilidad social como un conjunto de prácticas, principios y valores que implican el compromiso de la Empresa de tener un comportamiento ético y contribuir al desarrollo y calidad de vida de los grupos de interés.

Se busca evaluar la mejor manera de gestionar los impactos de la Empresa en la sociedad y el ambiente generando un compromiso responsable y transparente con la comunidad.

En este sentido, la Responsabilidad Social forma parte de los pilares estratégicos para el crecimiento y sostenibilidad de MAININ bajo los siguientes lineamientos:

- El Recurso Humano que labora dentro de la empresa, constituye el primer grupo objetivo de la política de responsabilidad social, y por ello se le concede prioridad al conjunto de políticas y programas de personal que garanticen su desarrollo y bienestar como soporte de su buen desempeño y satisfacción con la organización.
- En la ejecución de los proyectos a cargo de la empresa, las relaciones con la comunidad deben desarrollarse en un marco positivo de armonía y mutuo respeto, para lo cual impulsa y realiza actividades que contribuyen al desarrollo sostenible de la comunidad en la que opera.
- Es responsabilidad de la Gerencia General, el respaldar la presente política, diseñando, ejecutando, controlando y evaluando el cumplimiento de los planes que den testimonio de un comportamiento empresarial socialmente responsable dentro de la empresa, así como con la comunidad vinculada a ella.
- La meta de la empresa es lograr que en todos los lugares donde se desarrollen proyectos y quienes participen en ellos, evidencien dentro de sus acciones diarias, un compromiso práctico con los valores y conductas que hacen realidad una relación armoniosa y positiva entre todas las partes interesadas tanto internas como externas que de manera directa o indirecta se vinculan a sus actividades empresariales, garantizando con ello un desarrollo sostenible de su bien logrado prestigio, seriedad e imagen.

Lima, enero del 2018

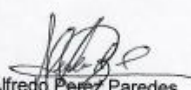

 Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION MAININ	CODIGO: FO-GG-06
	POLITICA DE FATIGA Y SOMNOLENCIA	FECHA DE EMISION: 14/01/2018
	VERSION: 01	PAGINA 1 de 1

MAININ, convencidos de la importancia de promover una cultura de prevención y con el fin de disminuir el riesgo de accidentes por fatiga y somnolencia, suscribe la presente política en la cual asume los siguientes compromisos:

- Fomentar las buenas prácticas para el control de la fatiga y somnolencia.
- Diseñar los horarios y jornadas de tal forma que garanticen un descanso adecuado de los colaboradores.
- Capacitar a los colaboradores en métodos para estimular los estados de alerta, buenos hábitos alimenticios y de descanso.
- Sensibilizar a los colaboradores en la práctica de descansar 07 horas continuas como mínimo después de cada jornada de trabajo.

Lima, enero del 2018

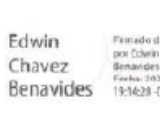

 Alfredo Pérez Paredes
GERENTE GENERAL

ANEXO 2

FORMATOS DE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO

	
PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO MOTORES EN BAJA TENSION	Código : MT-ELE1-PETS-05-01 Versión : 01 Página : 1 de 14

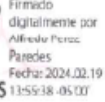
COPIA CONTROLADA Nº:	
ASIGNADA A:	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Autorizado por:
Nombre(s): Giancarlo Torres Flores Ever Trinidad Hidalgo Kevin Caisahuana Cainicela	Nombre(s): Romel Sancarranco Tello Alfredo Osorio Sánchez	Nombre(s): Edwin Chávez Benavides David Camposano	Nombre(s): Alfredo Pérez Paredes
Cargo(s): Supervisor de mantenimiento E&I Contrato Marco Supervisor de mantenimiento PDP/Servicio Técnico de Mantto Contrato Marco	Cargo(s): Residente de Mantenimiento Ingeniero SSOMA Senior	Cargo(s): Jefe de planeamiento y calidad Jefe SSOMA Corporativo	Cargo(s): Gerente General
Firma(s):    Kevin Caisahuana Técnico Electricista	Firma(s):   Romel Sancarranco Tello Residente de Mantenimiento Alfredo Osorio Sánchez Ingeniero SSOMA Senior	Firma(s):  Edwin Chávez Benavides Jefe de planeamiento y calidad  Ing. David Camposano L. Jefe SSOMA Corporativo	Firma(s):  Alfredo Pérez Paredes Gerente General Fecha de Vigencia 25/08/2025

Lima-Perú

	
PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MOTORES EN BAJA TENSION	Código : MT-ELE1-PETS-06-01 Versión : 02 Página : 1 de 19

COPIA CONTROLADA N°:	
ASIGNADA A:	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Autorizado por:
Nombre(s): Giancarlo Torres Flores Ever Trinidad Hidalgo Kevin Caisahuana Cainicela	Nombre(s): Romel Sancarranco Tello Alfredo Osorio Sánchez	Nombre(s): Edwin Chávez Benavides David Camposano	Nombre(s): Alfredo Pérez Paredes
Cargo(s): Supervisor de mantenimiento E&I Contrato Marco Supervisor de mantenimiento PDP/Servicio Técnico de Mantto Contrato Marco	Cargo(s): Residente de Mantenimiento Ingeniero SSOMA Senior	Cargo(s): Jefe de planeamiento y calidad Jefe SSOMA Corporativo	Cargo(s): Gerente General
Firma(s):    Kevin Caisahuana Técnico Electricista	Firma(s):   Romel Sancarranco Tello Residente Alfredo Osorio Sánchez Ingeniero	Firma(s): Edwin Chávez Benavides Ing. David Camposano L.  	Firma(s): Alfredo Pérez Paredes  Fecha de Vigencia 06/02/2025

Lima-Perú

 PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE GMDs MOLINO BOLAS Y SAG	Código : MT-ELE1-PETS-01-01 Versión : 02 Página : 1 de 20

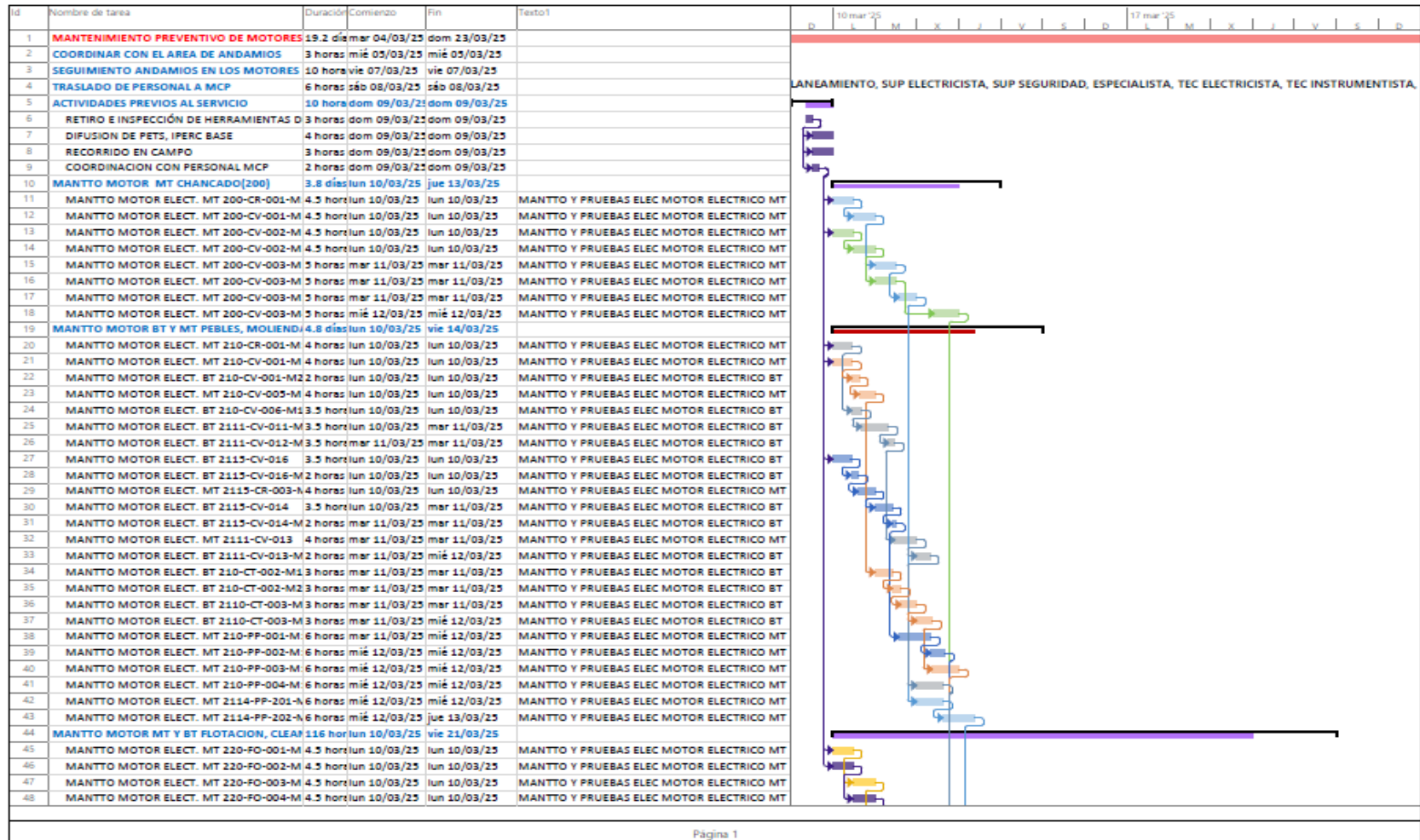
COPIA CONTROLADA N.º:	
A SIGNADA A:	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Autorizado por:
Nombre(s): Giancarlo Torres Flores Ever Trinidad Hidalgo Kevin Caisahuana Cainicela	Nombre(s): Romel Sancarranco Tello Alfredo Osorio Sánchez	Nombre(s): Edwin Chavez Benavides David Camposano	Nombre(s): Alfredo Pérez Paredes
Cargo(s): Supervisor de mantenimiento E&I Contrato Marco Supervisor de mantenimiento PDP/Servicio Técnico de Mantto Contrato Marco	Cargo(s): Residente de Mantenimiento Ingeniero SSOMA Senior	Cargo(s): Jefe de planeamiento y calidad Jefe SSOMA Corporativo.	Cargo(s): Gerente eneral
Firma(s): 	Firma(s): 	Firma(s): Edwin Chavez Benavides Firmado digitalmente por Edwin Chavez Benavides Fecha: 2024.02.19 19:14:28 -05'00' Ing. David Camposano L. Firmado digitalmente por Ing. David Camposano L. Fecha: 2024.02.17 17:45:09 -05'00'	Firma(s): Alfredo Pérez Paredes Firmado digitalmente por Alfredo Pérez Paredes Fecha: 2024.02.19 13:55:38 -05'00' Fecha de Vigencia 05/02/2025

MANPOWER - MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PLANTA MAYOR												
PARADA DE FASE 01 Y 02												
	ORDEN DE TRABAJO	ACTIVIDADES	APOYO CONTRATO Mainin	SUPERVISOR MAININ	SUPERVISOR MCP	26-Set	27-Set	28-Set	29-Set	30-Set		
GRUPO 01	10547509	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-001-M1	ZEVALLOS SURICHAQUI BRANDON JOSE LIDER (935785976) MADARIAGA MAMANI ORLANDO GREGORY (994797540) TOVAR FERNANDEZ ZOSIMO JESUS (945025971 - 953385710) ALDORADIN CRUZ SMITH PEIERS (95246165) MENDOZA OSORIO MIGUEL ANTONIO (990284897)	DE LA CRUZ MEZA ALVER (950478596)	ANTONIO TORRES	26-Set	27-Set	28-Set	29-Set	30-Set		
	10549322	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-002-M1										
	10547510	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-003-M1										
	10549325	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-004-M1										
	10547507	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-005-M1										
	10549326	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-006-M1										
	10549323	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-007-M1										
	10549324	MANTO ARRANCADOR BT 205-PP-008-M1										
	10545197	MANTO ARRANCADOR MT 210-CR-001-M1										
	10545198	MANTO ARRANCADOR MT 210-CR-002-M1										
	10545669	MANTO ARRANCADOR BT 210-CT-002-M1										
	10545789	MANTO ARRANCADOR BT 210-CT-002-M2										
	10509641	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 205-PP-010-M1										
	10476744	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 205-PP-011-M1										
	10511105	MANTO ELE UND HIDRAULICA 210-CH-023										
	10511108	MANTO ELE UND HIDRAULICA 210-CH-027										
	10511377	MANTO MOTOR/ARRANCADOR SIST ENFR 210FA075 210PP003										
	10547530	MANTO MOTOR/ARRANCADOR SIST ENFR 210FA076 210PP004										
	7161836	CAMBIO DE MOTOR 210-CR-001 IM1										
	7161837	CAMBIO DE MOTOR 210-CR-002 IM1										
	10442378	PM Change fabric belt (EP 8004) 210CV005										
	10442220	PM Cambio distribuidor 210CY001										
	7153926	CAMBIO DE ASPERSOR OBSTRUIDO FE AREA 205										
	10501257	PM Cambio de Zaranda 210-SN-001										
	7153717	Cambio de polea #7 210-CV-005										
GRUPO 02	7158579	CAMBIAR BANDEJAS DETERIORADAS 220-GB-008	ZAMORA ABERGA ANDRES ROBERT LIDER (948285584) BARRIGA COAQUIRA JESUS (991133799) PAITAN CRISOSTOMO YOSELIN (998450618) SAMANIEGO CRISPIN BRADY (956412203) PORRAS AMBROSIO ROLANDO (924057872)	DE LA CRUZ MEZA ALVER (950478596)	ANTONIO TORRES							
	7158580	MODIFICAR BANDEJA EVITAR DAÑO CABLES MT 230ER017										
	10510882	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 220PP054-M1										
	10476878	MANTO MOTOR ELECTRICCO 220-PP-132-M1										
	10486275	MANTO MOTOR ELEC/VFD BT 220PP1002										
	10545948	MANTO MOTOR ELEC/VFD BT 220PP1001										
	10549510	MANTO MOTOR ELE/VFD BT 240-PP-004-M1										
	10476946	MANTO MOTOR ELE/VFD BT 240-PP-104-M1										
	10476840	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 245-PP-007-M1										
	10411138	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 245-PP-008-M1										
	10549528	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 245-PP-107-M1										
	10545839	MANTO ARRANCADOR BT 245PP108C-M1										
	10510913	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 262-PP-006-M1 230MC003										
	10510914	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 262-PP-008-M1 280MC005										
	10510915	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 262-PP-009-M1 280MC005										
	10510916	MANTO MOTOR /ARRANCADOR BT 262-PP-010-M1 280MC005										
	10465442	MANTO MOTOR ELEC/VFD BT. 285-PP-633-M1										
	10482080	MANTO MOTOR ELEC/VFD BT. 285-PP-632-M1										
	7154944	Fuente 24Vcaliente 230ER017 230MC004 RESERVA 1016163										
	7057436	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO005										
	7058707	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO010										
	7058708	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO011										
	7058726	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO027										
	7154739	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO028										
	7160635	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO003										
	7160636	REPARAR PAREDES CON POLIUREA FO012										
	10549298	MANTENIMIENTO SEMESTRAL-245FL003										
	10549306	CAMBIO DE CABEZAL Y STOPPER 245FL003										
	16153249	Cambiar Acolpe de Motor - Reductor 245-TK-006										
	10537408	MATENIMIENTO DE UNIDAD HIDRAULICA ESP 1 255-TK-001										
	10537409	MATENIMIENTO DE UNIDAD HIDRAULICA ESP 2 255-TK-002										
	10537410	MATENIMIENTO DE UNIDAD HIDRAULICA 255-HP-101										
	10537411	MATENIMIENTO DE UNIDAD HIDRAULICA 255-HP-201										
	10537412	MATENIMIENTO DE UNIDAD HIDRAULICA 255-HP-301										

ANEXO 4

DIAGRAMA DE GANTT DEL MANTENIMIENTO DE MOTORES



Nombre de tarea				Duración	Comienzo	Fin	Texto1	10 mar '25														17 mar '25													
								D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D													
49	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-005-M	4.5 h	hor	lun 10/03/25	mar 11/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
50	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-006-M	4.5 h	hor	lun 10/03/25	mar 11/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
51	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-007-M	4.5 h	hor	mar 11/03/25	mar 11/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
52	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-008-M	4.5 h	hor	mar 11/03/25	mar 11/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
53	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-009-M	4.5 h	hor	mar 11/03/25	mié 12/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
54	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-010-M	4.5 h	hor	mar 11/03/25	mié 12/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
55	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-011-M	4.5 h	hor	mié 12/03/25	mié 12/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
56	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-012-M	4.5 h	hor	mié 12/03/25	mié 12/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
57	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-013-M	4.5 h	hor	mié 12/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
58	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-014-M	4.5 h	hor	mié 12/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
59	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-015-M	4.5 h	hor	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
60	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-016-M	4.5 h	hor	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
61	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-017-M	4.5 h	hor	dom 16/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
62	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-018-M	4.5 h	hor	dom 16/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
63	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-019-M	4.5 h	hor	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
64	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-020-M	4.5 h	hor	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
65	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-021-M	4.5 h	hor	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
66	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-022-M	4.5 h	hor	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
67	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-023-M	4.5 h	hor	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
68	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-024-M	4.5 h	hor	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
69	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-025-M	4.5 h	hor	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
70	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-026-M	4.5 h	hor	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
71	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-027-M	4.5 h	hor	mar 18/03/25	mié 19/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
72	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-028-M	4.5 h	hor	mié 19/03/25	mié 19/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
73	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-129-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
74	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-130-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
75	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-131-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
76	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-132-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
77	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-133-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
78	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-134-N	4.5 h	hor	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
79	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-135-N	4.5 h	hor	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
80	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-136-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
81	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-137-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
82	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-138-N	4.5 h	hor	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
83	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-139-N	4.5 h	hor	vie 14/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
84	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-140-N	4.5 h	hor	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
85	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-141-N	4.5 h	hor	jue 13/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
86	MANTTO MOTOR ELECT. MT 2211-FO-142-N	4.5 h	hor	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																													
87	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-041-M13.5	3.5 h	hor	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																													
88	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-042-M13.5																																		

id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Texto1	10 mar '2517 mar '25														
						D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
97	MANTTO MOTOR ELECT. BT 2212-FO-193-M 4 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
98	MANTTO MOTOR ELECT. BT 2212-FO-194-M 4 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
99	MANTTO MOTOR BT Y MT ESPESADOR, TK 80 7.6 días	vie 14/03/25	vie 21/03/25																	
100	MANTTO MOTOR ELECT. MT 255-PP-103-M 5 horas	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
101	MANTTO MOTOR ELECT. MT 255-PP-203-M 5 horas	jue 13/03/25	jue 13/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
102	MANTTO MOTOR ELECT. MT 255-PP-303-M 5 horas	mié 19/03/25	jue 20/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
103	MANTTO MOTOR ELECT. MT 255-PP-403-M 5 horas	mié 19/03/25	jue 20/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
104	MANTTO MOTOR ELECT. MT 8011-PP-204-A 5 horas	jue 13/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
105	MANTTO MOTOR ELECT. MT 8011-PP-205-A 5 horas	jue 13/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
106	MANTTO MOTOR ELECT. MT 8011-PP-206-A 5 horas	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
107	MANTTO MOTOR ELECT. MT 220-FO-034-M 3.5 horas	vie 14/03/25	vie 14/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
108	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-051-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
109	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-052-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
110	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-053-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
111	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-054-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
112	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-080-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
113	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-081-M1 3.5 horas	sáb 15/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
114	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-082-M1 3.5 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
115	MANTTO MOTOR ELECT. BT 220-FO-083-M1 3.5 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
116	MANTTO MOTOR ELECT. BT 245-PP-107-M1 3.5 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
117	MANTTO MOTOR ELECT. BT 245-PP-108-M1 3.5 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
118	MANTTO MOTOR ELECT. BT 245-PP-108-B-A 3.5 horas	dom 16/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
119	MANTTO MOTOR ELECT. BT 280-CT-001-M1 3.5 horas	dom 16/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
120	MANTTO MOTOR ELECT. BT 280-CT-001-M2 3.5 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO BT																
121	MANTTO MOTOR MT KINGSMILL (800)	5.6 días	sáb 15/03/25	jue 20/03/25																
122	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-001-M 5 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
123	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-002-M 5 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
124	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-003-M 5 horas	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
125	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-004-M 5 horas	mar 18/03/25	mar 18/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
126	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-005-M 6 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
127	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-006-M 6 horas	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
128	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-007-M 6 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
129	MANTTO MOTOR ELECT. MT 800-PP-008-M 6 horas	dom 16/03/25	dom 16/03/25	MANTTO Y PRUEBAS ELEC MOTOR ELECTRICO MT																
130	TERMINO DEL SERVICIO DE MANTTO 1ER GRUPO	0 horas	mié 19/03/25	mié 19/03/25																
131	TERMINO DEL SERVICIO DE MANTTO 2DO GRUPO	0 horas	sáb 22/03/25	sáb 22/03/25																
132	DESMOVLIZACION DEL PERSONAL 1DO GRUPO	6 horas	jue 20/03/25	jue 20/03/25																
133	DESMOVLIZACION DEL PERSONAL 2DO GRUPO	6 horas	dom 23/03/25	dom 23/03/25																

19/03

22/03

SUP ELECTRICISTA, SUP

Página 3

ANEXO 5

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Mantenimiento Eléctrico Motores de MT			PRT-ELEC-002 Versión: 0 Página: 1 de 3	
	N° OT:	10470143	TAG:	8011-PP-205	Fecha: 18/03/25
	Ejecutores:	José Bocanegra / Mainin			

OBJETIVOS GENERALES

Establecer prácticas recomendadas por la norma IEEE Std.43-2013 IEEE Recommended Practice for Testing Insulation, donde describen los procedimientos de prueba con voltaje de CC para la medición de la resistencia de aislamiento y el índice de polarización de un estator aislado y los devanados del rotor, así como la interpretación de los resultados.

CRITERIOS DE SEGURIDAD

1) EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL Y RIESGOS ASOCIADOS

USAR OJOS PROTEGIDOS

USAR AUDÍFONOS

USAR CASCO

USAR GUANTES

USAR CALZADO ADECUADO

USAR EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS

RIESGO DE ALTA TENSIÓN

RIESGO DE MOVIMIENTO

RIESGO DE GOLPES

RIESGO DE CAÍDAS DE OBJETOS

RIESGO DE INCENDIO

DATOS DE LOS EQUIPOS

1) DATOS DEL MOTOR

Marca: WEG

Modelo: HGF

Serie: 1045257514

Voltaje: 4000

Corriente: 164

Potencia: 1200 HP

2) DATOS DEL MEGOMETRO UTILIZADO. Realizar prueba solo con humedad relativa menor al 75%

Marca: Megger

Modelo: ADx 15

Serie: 102309815

Fecha Calibración: 26/08/24

T. Ambien: 20

% HR: —

3) MEDICIÓN DE AISLAMIENTO DE BOBINAS DEL MOTOR

Voltaje del Devanado	Voltaje aplicado DC IR
<1000	500
1001 – 2500	500-1000
2501 – 5000	1000-2500
5001 – 12000	2500-5000
>12001	5000-10000

Resistencia de aislamiento mínima a 1	Devanado que está siendo probado
KV + 1 MegOhms	La mayoría de devanados fabricados después de 1970
100 MegOhms	Estator después de 1970
5 MegOhms	Estator si es de menos de 1000 volts después de 1970

PRUEBA DESDE LOS BORNES DEL MOTOR ☒

N° DE PRUEBA	VOLTAJE DE PRUEVA	VALOR DE AISLAMIENTO MOTOR	IP	DAR	I fuga	
1) FASE "R" - TIERRA	2500 V	5540 MΩ	—	5.67	3.44	0.56 μA
2) FASE "S" - TIERRA	2500 V	—	—	—	—	—
3) FASE "T" - TIERRA	2500 V	—	—	—	—	—

4) MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE BOBINAS (IEEE 1415 2006: DESBALANCE <3%, 5% DEL PROMEDIO MEDIDO)

PRUEBA DESDE LOS BORNES DEL MOTOR ☒

M1 = U - V 0.11 Ω

M2 = V - W 0.12 Ω

M3 = U - W 0.11 Ω

$P = \frac{M1+M2+M3}{3}$
0.11

$DESBALANCE\ 1 = \left| \frac{P-M1}{P} \right| \cdot 100\%$
0.0%

$DESBALANCE\ 2 = \left| \frac{P-M2}{P} \right| \cdot 100\%$
0.01%

$DESBALANCE\ 3 = \left| \frac{P-M3}{P} \right| \cdot 100\%$
0.01%

El valor de porcentaje de desbalance resistivo se considera al mayor valor calculado, si se supera el 5% se debe investigar la causa



PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Mantenimiento Eléctrico Motores de MT

PRT-ELEC-002

Versión: 0

Página: 2 de 3

5) RANGOS DE TOLERANCIA PARA LOS VALORES DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO, IP, DAR

TOLERANCIA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		TOLERANCIA ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (IP)		TOLERANCIA ABSORCIÓN DIELECTRICA	
Valor de resistencia de aislamiento	Evaluación del aislamiento	Índice de polarización	Evaluación del aislamiento	Condición del aislamiento	Proporción de la Absorción Dieléctrica
2MΩ o menor	Insatisfactorio	1 o menor	Insatisfactorio	Peligrosa	< 1
< 50MΩ	Peligroso	< 1.5	Peligroso	Cuestionable	1.0 - 1.4
50 - 100MΩ	Regular	1.5 a 2.0	Regular	Buena	1.4 - 1.6
100 - 500MΩ	Buena	2.0 a 3.0	Buena	Excelente	> 1.6
500 - 1000MΩ	Muy buena	3.0 a 4.0	Muy buena		
> 1000MΩ	Excelente	> 4.0	Excelente		

6) DIAGNOSTICO DE LAS TOLERANCIAS DE LOS VALORES DE AISLAMIENTO Y RESISTENCIA DE BOBINAS

De acuerdo a los valores obtenidos y las tablas de tolerancia, seleccione (✓) la condición del bobinado.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		ÍNDICE DE POLARIZACIÓN		ABSORCIÓN DIELECTRICA		RESISTENCIA DE BOBINAS	
Excelente	☒	Excelente	☒	Excelente	☒	Balanceado	☒
Muy bueno	☐	Muy bueno	☐	Buena	☐	Desbalanceado	☐
Buena	☐	Buena	☐	Cuestionable	☐		
Regular	☐	Regular	☐	Peligrosa	☐		
Peligroso	☐	Peligroso	☐				
Insatisfactorio	☐	Insatisfactorio	☐				

7) SENSORES DE TEMPERATURA DE BOBINAS Y RODAMIENTOS DEL MOTOR (Q)

RTD 1			RTD 2			RTD 3		
A1 - B1	A1 - B1	B1 - B1	A2 - B2	A2 - B2	B2 - B2	A3 - B3	A3 - B3	B3 - B3
117.2	117.4	2.1	116.8	118.1	1.3	119.2	118.7	1.3
RTD 4			RTD 5			RTD 6		
A4 - B4	A4 - B4	B4 - B4	A5 - B5	A5 - B5	B5 - B5	A6 - B6	A6 - B6	B6 - B6
123.8	124.3	1.1	119.4	118.7	1.4	122.5	119.7	1.6
RTD 7			RTD 8					
A7 - B7	A7 - B7	B7 - B7	A8 - B8	A8 - B8	B8 - B8			
117.9	117.8	1.1	118.3	119.2	1.4			
RTD 7 A (SPARE)			RTD 8 A (SPARE)					
A7A - B7A	A7A - B7A	B7A - B7A	A8A - B8A	A8A - B8A	B8A - B8A			
125.1	126.4	0.8	124.3	125.8	0.3			



TEMPERATURA EN RELÉ REM 545 - SALA ELÉCTRICA							
CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3	CANAL 4	CANAL 5	CANAL 6	CANAL 7	CANAL 8

TEMPERATURA SEGÚN TABLA DE WEG DE ACUERDO A VALOR MEDIDO							
CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3	CANAL 4	CANAL 5	CANAL 6	CANAL 7	CANAL 8
45.07	46.89	49.74	62.95	51.55	58.29	46.32	49.74

OPCIONAL SI NO CUENTA CON TABLA: FÓRMULA PARA CONVERTIR EL VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO (Ω) A GRADOS CENTÍGRADOS (°C)

$$T = \frac{R - 100}{0.386}$$

Puede contrastar los valores obtenidos con la fórmula con los valores registrados en el relé REM 545

8) RESISTENCIA DE HEATERS DEL MOTOR (Q)

H1	134.7	Ω	H2	134.3	Ω
VOLTAJE	227.1	V	AMPERAJE	1.6	A

9) CAPACITANCIA CONDENSADORES DE MOTOR (μF)

Fase U	—	μF	Fase V	—	μF	Fase W	—	μF
--------	---	----	--------	---	----	--------	---	----

	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Mantenimiento Eléctrico Motores de MT		PRT-ELEC-002
			Versión: 0
			Página: 3 de 3
10) RESISTENCIA DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PROTECCIÓN DIFERENCIAL DEL MOTOR (Ω)			
Fase U Ω		Fase V Ω	Fase W Ω
11) OBSERVACIONES			
 TÉCNICO RESPONSABLE NOMBRE: CÓDIGO MCP:		 SUPERVISOR RESPONSABLE NOMBRE: CÓDIGO MCP:	

* Capacitancia a tierra: 1720

* Inductancia

L1 = 13.4

L2 = 13.4

L3 = 13.4

Desbalance: 0.04

* DC HiPot

- tensión de prueba final: 9010

- Corriente de fuga: 1.13

- Resistencia de aislamiento: 9330 MΩ

* Prueba de Surge o impulso

EAR P-P %

L1 = 0.1

0.22

L2 = 0.19

0.27

L3 = 0.15

0.45

* Prueba de aisladores

A1 = 5000 V 12.6 GΩ

A2 = 5000 V 42.5 GΩ

A3 = 5000 V 26.2 GΩ

		JOB CARD MANTENIMIENTO ELÉCTRICO MOTOR Y ARRANCADOR DE MEDIA TENSIÓN		JOC-MELE-002 Versión: 0 Página: 1 de 1	
N° OT:	10470143	TAG:	8011-PP-205	FECHA:	19/03/25
EJECUTORES:	Sosa Bocanegra / Mainin			SALA:	2210 92 019
ADVERTENCIA: Asegure que el equipo se encuentre sin energía, realice el procedimiento de bloqueo y etiquetado					
A) Mantenimiento preventivo arrancador de MT:					Ejecutado
CUBÍCULO DE CONTROL					
1. Verifique la presencia de alarmas pendientes en el relé y forzado de RTD's. Realice backup de los Setting del relé antes de iniciar los trabajos					☐
2. Realice limpieza de cubículo, verifique condición de componentes de control y lamparas de señalización. Reporte hallazgos					☐
3. Reajuste las bornas de los equipos de control, relé de MT ABB y conector Profibus en módulo SPA					☐
4. Verifique estado entradas y salidas del relé en PS1, PS2, BIO1, BIO2, registre en PRT-ELEC-003 o PRT-ELEC-004 si es VSC o VD4					☐
5. Verifique ajuste de las conexiones de tierra en bornas y bornes de los equipos de control y protección, incluya puerta y chasis					☐
CUBÍCULO DE MANIOBRA: CONTACTOR VSC O INTERRUPTOR VD4					
6. Desarrolle el protocolo de acuerdo al equipo, registre mediciones en PRT-ELEC-003 o PRT-ELEC-004 según corresponda					☐
7. Verifique estado de la puerta del cubículo, estado y fijación de vidrios, sellos, manija y barras para fijación, dispositivo para bloqueo					☐
8. Retire equipo de maniobra con mesa de desplazamiento, realice limpieza del cubículo y del equipo retirado. Incluya tulpas de conexión					☐
9. Lubrique las tulpas de entrada y salida del dispositivo de maniobra. Utilice grasa Isoflex Topas NB52.					☐
CUBÍCULO DE CABLES DE SALIDA AL MOTOR O VARIADOR					
10. Verifique el estado de la puerta del cubículo, hermeticidad, fijación sellos, manija y barras para fijación mecánica, dispositivo para bloqueo					☐
11. Realice la limpieza del cubículo; incluya aisladores, pararrayos, cables, terminaciones, transformador de falla a tierra					☐
12. Verifique ajuste de las conexiones de los cables de fuerza y conexiones de aterramiento de las pantallas, inspeccione terminaciones					☐
13. Verifique los marcas de torque de las conexiones de las barras de fuerza, aisladores y pararrayos					☐
14. Verifique ajuste de las conexiones del secundario del transformador de corriente de falla a tierra, revise estado del cable					☐
15. Verifique el ajuste de terminales prensados en las barras de conexión a tierra, cubículo, puerta y chasis. Utilice guantes dieléctricos.					☐
B) Mantenimiento preventivo motor eléctrico de MT:					Ejecutado
1. Realice la limpieza integral de la carcasa y caja de conexiones. Verifique la señalética del sentido de giro en la tapa del ventilador					☒
2. Verifique el estado y limpieza del ventilador o caja de refrigeración del motor de acuerdo al tipo de motor.					☒
3. Revise estado de los accesorios para lubricación en ambos rodamientos sea grasa o aceite, genere aviso en caso de falla					☒
4. Verifique ajuste de los pernos de sujeción de la caja de conexiones, algunos motores presentan brida intermedia. Inclúyala					☒
5. Revise signos de sobrecalentamiento en terminaciones, cables y terminales de conexión, anillos aislantes sobre placa de fibra, busque cortes o rajaduras del aislamiento.					☒
6. Verifique el estado y ajuste de aisladores, barras, condensadores, pararrayos, transformadores de corriente según tipo de motor					☒
7. Revise el estado de la tubería rígida, flexible y conectores conduit desde la bandeja hasta el motor. Corrija condición de ser el caso					☒
8. Revise los cables y terminales de conexión a tierra en carcasa y caja de conexiones. Verifique que pantallas de cables estén sujetadas					☒
9. Marque los cables de fuerza, desconéctelos y mida resistencia de aislamiento, registre valores en protocolo PRT-ELEC-002					☒
10. Mida la resistencia del bobinado del motor conforme al protocolo de mantenimiento, reporte valores medidos en PRT-ELEC-002					☒
11. Mida resistencia de aislamiento del cable que alimenta al motor, reporte en PRT-ELEC-002. Abra seccionador de tierra del arrancador					☒
12. Verifique estado de bornas y terminales de conexiones RTDs y heaters del motor. Registre valores en protocolo PRT-ELEC-002					☒
13. Si el motor tiene condensadores desconéctelos y mida su capacitancia, registre valores en protocolo PRT-ELEC-002					☒
14. Si el motor tiene CTs de protección diferencial desconéctelos y mida su resistencia, registre valores en protocolo PRT-ELEC-002					☒
15. Conecte motor y condensador de tenerlo, asegure torque según tabla de pernos. Use arandela plana y presión					☒
16. Si el motor es controlado por variador PF7000 verifique estado del carbón y porta carbón para descarga de corrientes del rotor					☒
17. Revise estado de tapas de cajas de conexiones, verifique estado de pernos, tuercas y orejas de sujeción, corrija y reporte estado					☒
18. Solicite poner en marcha el equipo y verifique en campo sentido de giro, verifique detención activando parada de emergencia					☒
19. Registre datos de corriente en operación.					☒
_____ A _____ A _____ A					
C) Observaciones:					

ANEXO 6
EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL







